

CARLOS ALBERTO BORBA SCHULER

DAS TÉCNICAS DE VISADAS PARA
DETERMINAÇÃO DO
MERIDIANO
POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS
DO SOL

Dissertação apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
pela Universidade Federal do Paraná.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

1977

DAS TÉCNICAS DE VISADAS PARA DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO
POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

DISSERTAÇÃO

Apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geo-
désicas para obtenção do Grau de Mestre em Ciências pe
la Universidade Federal do Paraná

por

CARLOS ALBERTO BORBA SCHULER, Engenheiro Agrônomo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

1977

BANCA EXAMINADORA:

Dr. LUIZ MUNIZ BARRETO

Dr. CAMIL GEMAEL - ORIENTADOR

Dr. FERNANDO HATSCHBACH

AGRADECIMENTOS

- À UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO pela autorização e manutenção durante a realização do CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS, da UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.
- Ao CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS pela aceitação e oportunidade concedida.
- Ao Professor Dr. CAMIL GEMAEL pela orientação e valiosa ajuda durante o Curso e elaboração deste trabalho.
- Ao Professor FERNANDO HATSCHBACH pela cessão do programa em Fortran IV que serviu de base ao programa empregado neste trabalho.
- Aos corpos docente e administrativo do CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS.
- Ao CENTRO DE APERFEIÇOAMENTO E ESPECIALIZAÇÃO DO PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES - pela ajuda financeira.
- A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

SINOPSE

A determinação do meridiano é um problema de grande importância na obtenção das coordenadas geográficas de pontos terrestres.

Para determinar o meridiano podem ser empregados métodos de observações para estrelas ou para o Sol, sendo estas muito mais fáceis de realizar que aquelas.

O objetivo principal deste trabalho é a comparação entre os resultados de observações para o Sol empregando o *prisma solar de Roelofs* adaptado à objetiva da luneta de um teodolito, de um *filtro* adaptado à ocular da luneta e de um *anteparo* a alguns centímetros da ocular da luneta de um teodolito.

Consta de uma revisão sumária de conhecimentos sobre alguns tópicos de *Astronomia Esférica* e sobre o método da determinação do meridiano por *distâncias zenitais absolutas do Sol*, com os valores obtidos e a conclusão a que se chegou.

SYNOPSIS

The determination of the meridian is a very important problem for obtaining the geographic coordinates of terrestrial sites.

In determining the meridian may be used observation methods for stars or for the Sun, being the last easier than the first.

The principal purpose of this paper consists in the comparison between the observation results of the Sun, by the use of the *solar prism of Roelofs*, attached in front of the objective of the theodolite; by a *filter* adapted to the eyepiece; and by an *image projection of the Sun on bulkhead* some centimeters from the eyepiece of a theodolite.

Consists of a summary revision of knowledge about some topics of *Spherical Astronomy* and the determination method of the meridian by *absolute zenith distances of the Sun*, next the values and the final conclusion.

CONTEÚDO

| | |
|---|-----|
| TÍTULO | I |
| AGRADECIMENTOS | II |
| SINOPSE | III |
| SYNOPSIS | IV |
| CONTEÚDO | V |
| 1. INTRODUÇÃO | 01 |
| 2. GENERALIDADES | 03 |
| 2.1 - Preliminares | 03 |
| 2.2 - Classificação das determinações astronômicas quanto a precisão | 03 |
| 2.3 - Alguns conceitos fundamentais | 04 |
| 3. COORDENADAS CELESTES | 06 |
| 3.1 - Coordenadas polares | 06 |
| 3.2 - Sistemas de coordenadas celestes | 08 |
| 3.2.1-- Sistema de coordenadas horizontais | 08 |
| 3.2.2 - Sistema de coordenadas equatoriais locais ou horárias | 10 |
| 3.2.3 - Sistema de coordenadas equatoriais celestes ou uranográficas | 12 |
| 3.2.4 - Síntese dos três sistemas de coordenadas celestes | 14 |
| 3.3 - Definição astronômica de latitude geográfica | 15 |
| 3.4 - O triângulo astronômico | 16 |
| 3.5 - Transformação de coordenadas celestes | 17 |
| 3.5.1 - Conversão de coordenadas horizontais em horárias e vice-versa | 17 |
| 3.5.2 - Conversão de coordenadas horárias em equatoriais e vice-versa | 19 |
| 3.5.3 - Transformação por matrizes | 20 |
| 4. CORREÇÕES ÀS COORDENADAS CELESTES OBSERVADAS | 24 |
| 4.1 - Refração | 24 |
| 4.2 - Paralaxe diurna | 26 |
| 4.3 - Semidiâmetro | 28 |
| 4.4 - Correções instrumentais | 30 |
| 5. NOÇÕES SOBRE TEMPO | 33 |
| 5.1 - Tempo sideral verdadeiro (aparente) e médio | 33 |
| 5.2 - Tempo solar verdadeiro e médio | 35 |

| | |
|---|-----|
| 6. DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL | 37 |
| 6.1 - Considerações preliminares | 37 |
| 6.2 - Condições favoráveis à determinação do azimuth | 38 |
| 6.3 - Fórmulas empregadas | 39 |
| 6.4 - Programa para cálculo do azimuth pelo IBM-1130 | 42 |
| 6.5 - Técnica de observação direta do Sol utilizando o prisma solar de Roelofs | 46 |
| 6.5.1 - Sumário do processo operatório no campo | 47 |
| 6.5.2 - Valores resultantes das observações de campo | 48 |
| 6.5.3 - Valores finais calculados | 61 |
| 6.6 - Técnica de observação direta do Sol utilizando um filtro (ou ocular escura) | 66 |
| 6.6.1 - Sumário do processo operatório no campo | 66 |
| 6.6.2 - Valores resultantes das observações de campo | 67 |
| 6.6.3 - Valores finais calculados | 80 |
| 6.7 - Técnica de observação indireta do Sol por projeção | 85 |
| 6.7.1 - Sumário do processo operatório no campo | 85 |
| 6.7.2 - Valores resultantes das observações de campo | 86 |
| 6.7.3 - Valores finais calculados | 99 |
| 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 104 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 106 |

1. INTRODUÇÃO

A determinação do meridiano ou do azimute de uma linha unindo dois pontos da superfície terrestre é um problema de grande importância na obtenção das coordenadas geográficas.

A determinação da *latitude e longitude* implica no conhecimento prévio do azimute de uma direção terrestre com uma precisão crescente à medida que se deseja obter valores mais precisos para essas coordenadas. Portanto, partem-se de valores iniciais, grosseiros (ou aproximados), e vão-se refinando esses valores até a obtenção daqueles de 1ª. ordem.

Para determinar o meridiano podem ser empregados métodos de observações para estrelas ou para o Sol, sendo estas muito mais fáceis de realizar que aquelas, além de serem efetivadas sem a necessidade do emprego de instrumental adaptado a observações noturnas.

Em Astronomia, ou em problemas de Engenharia, de uma maneira geral, os valores de azimute obtidos pela observação do Sol atendem perfeitamente os objetivos colimados, sobretudo quando são desejáveis valores sem grande precisão.

Embora não se caracterize pela precisão o *método para determinação do meridiano por distâncias zenitais absolutas do Sol* é o mais simples, tanto no tocante à obtenção dos valores de campo quanto na determinação final da direção do meridiano em relação a uma linha terrestre, constituída pelo ponto estação-instrumento e uma mira qualquer ou vice-versa.

Consiste em medir a distância zenital do Sol e o ângulo horizontal entre seu vertical e uma linha de referência, determinando seu azimute e obtendo a posição do meridiano relacionado à direção daquela linha.

Como não é possível observar o Sol diretamente com o teodolito, diversas são as maneiras utilizadas para a obtenção da distância zenital do astro. Na bibliografia consultada encontramos a descrição e utilização de algumas dessas maneiras, porém, sem nenhum valor comparativo entre elas; demos atenção especial às três de uso mais corrente e, a fim de in-

dicar qual é a que melhores resultados apresenta, procurou-se chegar a uma conclusão através de resultados numéricos obtidos com observações para o Sol pelo emprego do *prisma solar de Roelofs* adaptado à objetiva, de um *filtro (lente escura)* adaptado à ocular e de um *anteparo não transparente (papel ou cartão branco)* a alguns centímetros (15 a 20 cm) da ocular da luneta de um teodolito.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é a comparação entre as três maneiras mais empregadas para determinar o meridiano pelo método das distâncias zenitais absolutas do Sol. É constituído de uma parte monográfica, onde é feita uma revisão sumária de conhecimentos sobre alguns tópicos de *Astronomia Esférica*, relacionados as observações solares e sobre o método em estudo. Não se desce a detalhes sobre a obtenção de algumas expressões empregadas, os quais poderão ser verificados na bibliografia citada no final do trabalho. Finalmente são apresentados os valores obtidos e a conclusão a que se chegou.

2. GENERALIDADES

2.1 - Preliminares

ASTRONOMIA ESFÉRICA ou de POSIÇÃO é a aplicação da ciência astronômica à determinação das coordenadas geográficas de pontos da superfície terrestre e do azimute de linhas unindo tais pontos.

Essas coordenadas, *latitude e longitude*, dão a posição geográfica dos pontos em relação a uma superfície de referência adotada para substituir a superfície real da Terra. A esfera, o elipsóide (bi ou tri-axial) e a superfície equipotencial do campo da gravidade terrestre são as superfícies mais usadas e, geralmente, costumam-se empregar as denominações de coordenadas *esféricas, geodésicas e astronômicas* de acordo com a superfície de referência adotada. Portanto, o termo "coordenadas geográficas" é geral, abrangendo os três tipos de coordenadas citados.

2.2 - Classificação das determinações astronômicas quanto à precisão

As determinações astronômicas são divididas de acordo com a precisão dos resultados obtidos. Consideram-se, para os diversos tipos de determinações, os seguintes limites de desvio padrão [10]:

| Determinação | Latitude e Longitude | Azimute |
|----------------|----------------------|-------------|
| OBSERVATÓRIO | 0,015" - 0,09" | - |
| PRIMEIRA ORDEM | 0,1" - 0,3" | 0,2" - 0,4" |
| SEGUNDA ORDEM | 0,4" - 1,0" | 0,5" - 1,5" |
| EXPEDITA | - | - |

A precisão das coordenadas astronômicas e do azimute depende de alguns fatores que indicam qual o melhor método de determinação e equipamento a escolher, a fim de se obterem os melhores resultados dentro dos vários graus de precisão. A qualidade do equipamento utilizado, as condições atmosféricas do instante de observação, a experiência do observador, a latitude do lugar, etc., são alguns dos fatores cuja influência nos resultados aumenta, à medida que se desejam

obter valores mais precisos, para as coordenadas de pontos da superfície terrestre e do azimute entre eles.

2.3-- Alguns conceitos fundamentais

Consideremos o diâmetro de uma superfície esférica - lugar geométrico dos pontos do espaço que equidistam de um ponto interior chamado centro - e a circunferência máxima que lhe é perpendicular; denominam-se *polos* dessa circunferência máxima aos pontos extremos desse diâmetro e *polo* ao lugar geométrico dos pontos da superfície esférica que distam 90° dos polos.

As distâncias infinitamente grandes que nos separam dos corpos celestes permitem que admitamos esses corpos projetados sobre uma esfera de raio arbitrário, chamada *esfera celeste*, cujo centro coincide com o centro da Terra. Ao movimento aparente da esfera celeste (resultante do movimento de rotação da Terra), completando uma rotação em um dia sideral, e ao qual nenhum corpo celeste se subtrai, é o que denominamos de *movimento diurno* da esfera celeste.

Eixo do mundo é a reta ideal em torno da qual se processa o movimento aparente da esfera celeste; prolongamento do eixo de rotação terrestre, encontra a esfera celeste em dois pontos diametralmente opostos, os *polos norte* e *sul celestes*.

Equador celeste é o círculo máximo cujo plano é perpendicular ao eixo do mundo, dividindo a esfera celeste em dois hemisférios denominados, de acordo com o polo celeste que contém, de *hemisfério norte* e *hemisfério sul*.

Vertical de um lugar é a direção da gravidade nesse lugar; materializada pelo fio de prumo, a vertical de um lugar prolongada indefinidamente, encontra a esfera celeste em dois pontos simétricos chamados *zênite* e *nadir*, pontos situados, respectivamente, acima e abaixo do observador.

Círculo vertical é todo círculo máximo da esfera celeste que contém a vertical do lugar. O círculo máximo da esfera celeste, perpendicular a vertical e que tem como polos os pontos zenital e nadiral é o *horizonte celeste*. O círculo vertical que contém os polos celestes é o *meridia-*

no celeste do lugar. O eixo do mundo divide-o em duas partes denominadas *semimeridiano superior (S.M.S.)* e *semimeridiano inferior (S.M.I.)* do lugar, aquele contendo o zênite e este o nadir do observador. Sua intersecção com o horizonte celeste é a *meridiana*, linha que determina na esfera celeste, os pontos *norte* e *sul*. O círculo vertical perpendicular ao meridiano celeste do lugar é o *primeiro vertical*, cuja intersecção com o horizonte celeste define, na esfera celeste, os pontos *leste* e *oeste*.

O Sol, além de seu movimento diurno, apresenta, em relação à Terra, um outro movimento aparente, descrevendo, em um ano, sobre a esfera celeste, uma circunferência máxima, denominada *eclíptica*. O plano que a contém intercepta o plano do equador celeste segundo uma reta denominada *linha equinocial*; o ângulo entre esses planos é a *obliquidade da eclíptica*. Os extremos da linha equinocial, os pontos *vernal* ou *áries* (♈) e *balança* ou *libra* (♎), resultam das passagens do Sol, do hemisfério sul para o hemisfério norte, e vice-versa, respectivamente. O diâmetro da esfera celeste, perpendicular à eclíptica é o *eixo da eclíptica* determinando, na esfera celeste, os polos *norte* e *sul* da eclíptica.

3. COORDENADAS CELESTES

3.1 - Coordenadas polares

Para o posicionamento de um ponto - astro fixo ou errante - sobre a esfera celeste recorre-se às coordenadas esféricas ou coordenadas polares. O emprego de coordenadas, além de facilitar os cálculos da posição dos astros, permite identificá-los de maneira mais cômoda.

Consideremos um terço ortogonal X, Y, Z , de origem O , formando o sistema tri-retângulo $OZXY$, a origem coincidindo com o centro comum da esfera celeste e da Terra. Neste sistema o eixo OZ é dirigido para P - polo de uma circunferência máxima qualquer da esfera -, enquanto os eixos OY e OX , ortogonais entre si, situam-se na polar de P , que é o *plano fundamental ou primário* do sistema; todo plano que contiver o eixo OZ será denominado de *plano normal*. O plano normal que contiver o eixo OX será o *plano origem* do sistema.

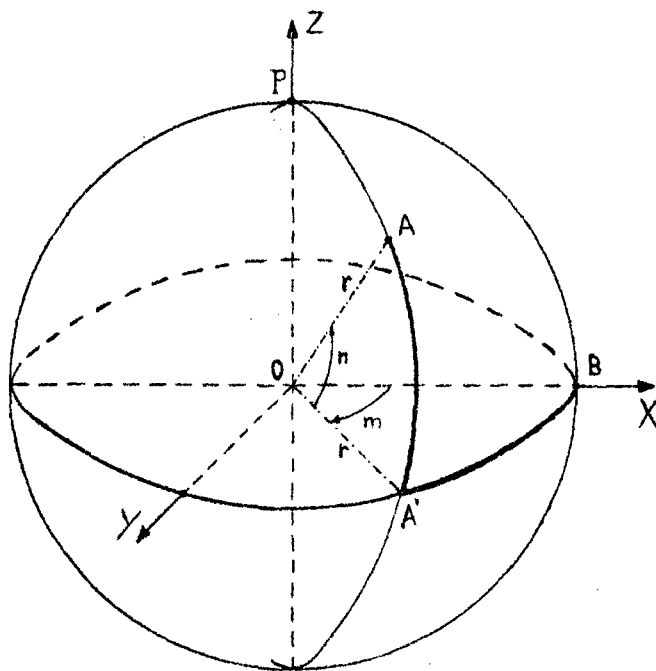


fig. I

Instituído o sistema suponhamos um ponto A sobre a esfera celeste (fig. I). Sua posição será dada pelo raio da esfera r e pelos ângulos centrais m e n ou pelos arcos de circunferências máximas que m e n delimitam sobre a esfera, denominados respectivamente de *abscissa esférica* e *ordenada esférica*.

Para qualquer ponto da superfície esférica o raio é sempre o mesmo e diferentes pontos da esfera celeste serão identificados pelo conhecimento das duas coordenadas (*abscissa e ordenada*).

A *abscissa esférica* do ponto A é o arco BA' da circunferência fundamental (fig. I), limitado pelo plano origem e pelo plano normal que passa por A (plano secundário do sistema).

A *ordenada esférica* do ponto A é o arco de circunferência máxima que pertence ao plano secundário, limitado pelo plano fundamental e pelo ponto considerado. (fig. I).

O sistema terá uma orientação *direta* ou *retrógrada*. A orientação do terço será direta quando um observador situado de pé na origem do sistema, ao longo do eixo OZ, observa o eixo OX deslocar-se no sentido anti-horário (da direita para a esquerda), girando de 90° , sobrepondo-se, portanto, a OY (fig. II). Estabelecido o sentido direto, o retrógrado dar-se-á quando o giro ocorrer da esquerda para a direita, ou seja, no sentido horário.

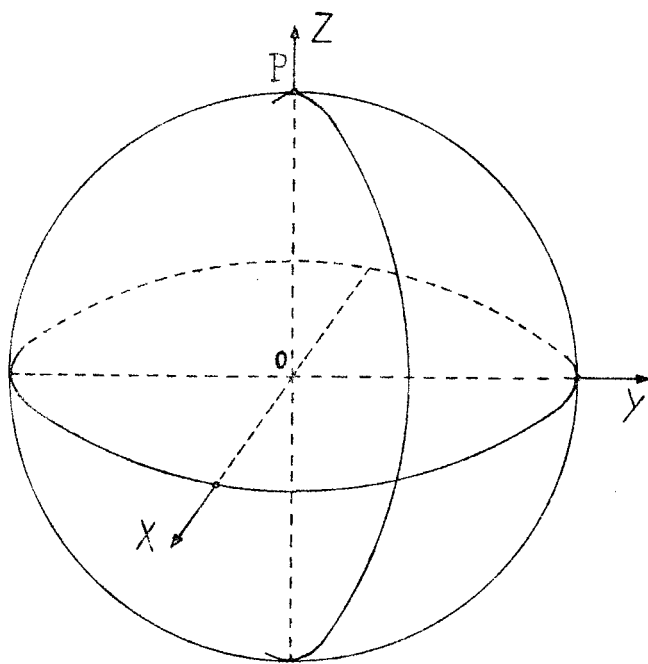


fig. II

Empregam-se, também, as denominações *dextrogiro* e *levogiro* para nomear os sistemas que têm orientação direta e retrógrada, respectivamente.

3.2 - Sistemas de coordenadas celestes

Em Astronomia Esférica são comumente usados quatro sistemas de coordenadas celestes os quais recebem o nome dos círculos máximos que lhes servem de planos fundamentais. Esses sistemas podem ser topocêntricos (origem das coordenadas no ponto onde está o observador), ou geocêntricos (origem no centro da Terra) [10].

No presente estudo nenhuma distinção será feita entre os sistemas topocêntrico e geocêntrico quando consideradas as estrelas, pelo fato de que as dimensões da Terra são desprezíveis quando comparadas com as distâncias entre esta e as estrelas. No caso do Sol, devido à sua relativa proximidade da Terra, impõe-se uma transformação de coordenadas topocêntricas em geocêntricas; este problema é resolvido por simples translação de eixos, mudando-se a origem do sistema topocêntrico para o centro da Terra. Tal transformação será abordada no item 4.2.

Dependendo do plano fundamental eleito ter-se-ão os sistemas denominados *sistema de coordenadas horizontais*, *sistema de coordenadas equatoriais locais ou horárias*, *sistema de coordenadas equatoriais celestes ou uranográficas* e *sistema de coordenadas eclípticas* [8]. Nos parágrafos seguintes serão considerados apenas os três primeiros sistemas por serem os que interessam ao desenvolvimento do presente trabalho.

3.2.1 - Sistema de coordenadas horizontais

O sistema de coordenadas horizontais (fig. III), também denominado sistema de coordenadas locais, tem o horizonte celeste como plano fundamental de referência do sistema. Nele o eixo OZ está orientado para o zênite do observador, enquanto o eixo OX está apontando para o ponto sul do horizonte. Admitindo o sentido retrógrado o eixo OY coincidirá com a linha L-W e estará dirigido para o ponto W.

O plano normal ZEN, definido pela vertical do lugar e pelo astro E, representa o vertical do astro, enquanto PnZ PsN o meridiano local.

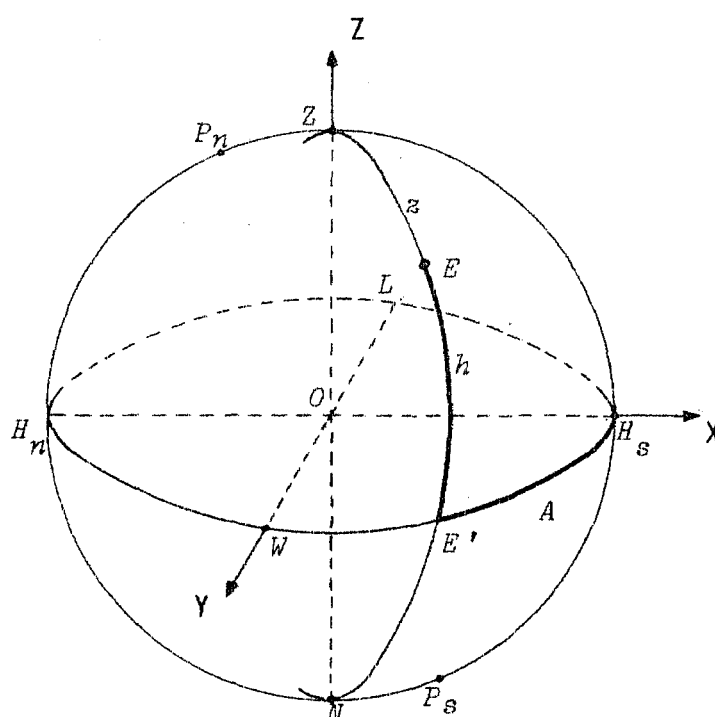


fig. III

Neste sistema as duas coordenadas esféricas que definem a posição do astro são o *azimute astronômico* (A) e a *altura* (h) ou a *distância zenital* (z). Portanto o *azimute astronômico* é o arco de horizonte H_sE' (abscissa esférica - fig. IV), medido a partir do ponto sul [3] (ou ponto norte [10] até o vertical do astro, no sentido H_sWH_nL (ou H_nLH_sW). É também igual ao ângulo, no zênite, entre o meridiano do observador e o vertical do astro.

Varia no sentido retrógrado de 0° a 360° , sendo geralmente escolhido o ponto sul para início da contagem. Usa-se também contar o azimute de 0° a $\pm 180^\circ$, valendo 0° no ponto sul e variando a $\pm 180^\circ$ quando contado por oeste e por leste respectivamente.

A *altura* é a ordenada esférica do astro avaliada sobre o seu vertical desde o horizonte até o astro, ou o ângulo entre a direção OE e sua projeção OE' sobre o plano fundamental (fig. III). Em muitos problemas emprega-se, ao invés da altura, o seu complemento; contado desde o zênite até o astro,

recebe o nome de *distância zenital* (z) e é relacionada à altura pela expressão $z = 90^\circ - h$. A altura varia de 0° a $\pm 90^\circ$, valendo 0° quando o astro está no horizonte (no nascer ou no ocultar) e $\pm 90^\circ$ quando no zênite ou nadir, assumindo valores positivos acima do horizonte e negativos abaixo (astros invisíveis ao observador). A distância zenital varia de 0° a 180° , verificando-se os extremos quando o astro está respectivamente no zênite ou no nadir do observador. Para valores negativos de altura correspondem valores de distância zenital maiores que 90° .

Uma coordenada que aparece em alguns problemas do movimento diurno é a *amplitude do astro*; é uma abscissa que tem como origem de contagem os pontos leste e oeste, variando de 0° a 90° para o sul ou para o norte; é denominada *amplitude ortiva* se o astro está nascendo e *amplitude ocidua* se o astro está se ocultando.

ADVERTÊNCIAS - É importante observar que as coordenadas de um astro no sistema horizontal não são constantes, alterando-se com a posição do observador e com o movimento diurno da esfera celeste.

Variam com a posição do observador por não serem fixos o horizonte e o meridiano local, planos característicos de cada lugar de observação. Quando um observador muda sua posição, seu zênite se altera e, portanto, seu horizonte e meridiano também mudam. Da mesma maneira para dois observadores situados em pontos distintos da Terra são diferentes, num dado instante, as coordenadas horizontais de um mesmo astro.

O movimento diurno da esfera celeste acarreta, igualmente, variação, com o tempo, nas coordenadas horizontais de um corpo celeste e por isso devem ser sempre referidas ao instante físico da observação, o que é conseguido com o auxílio de um cronômetro. Essas fontes de variação estabelecem uma grande desvantagem para o sistema, que é compensada pela facilidade em obter as coordenadas do astro com um teodolito. Quando o instrumento é instalado e nivelado, seu eixo principal coincide com a vertical do lugar e o limbo azimutal determina um plano que é paralelo ao horizonte astronômico.

3.2.2 - Sistema de coordenadas equatoriais locais ou horárias.

Este sistema tem o equador celeste como plano fundamental (fig. IV), estando OZ orientado segundo o eixo do mundo (OZ dirigido para o polo norte). O eixo OX estará apontando para o ponto de cruzamento do equador com o semi-meridiano supe-

rior do lugar e, admitindo o sistema como levogiro, o eixo OY estará dirigido para o ponto oeste. Neste sistema o plano normal é o círculo máximo que passa pelos polos e pelo astro, ou seja, é o meridiano celeste que contém o astro, sendo denominado de *círculo de declinação* ou *círculo horário*.

A posição de um astro E (fig. IV), sobre a esfera celeste, será determinada mediante o conhecimento das coordenadas *ângulo horário* (H) e *declinação* (δ) ou *distância polar* (p).

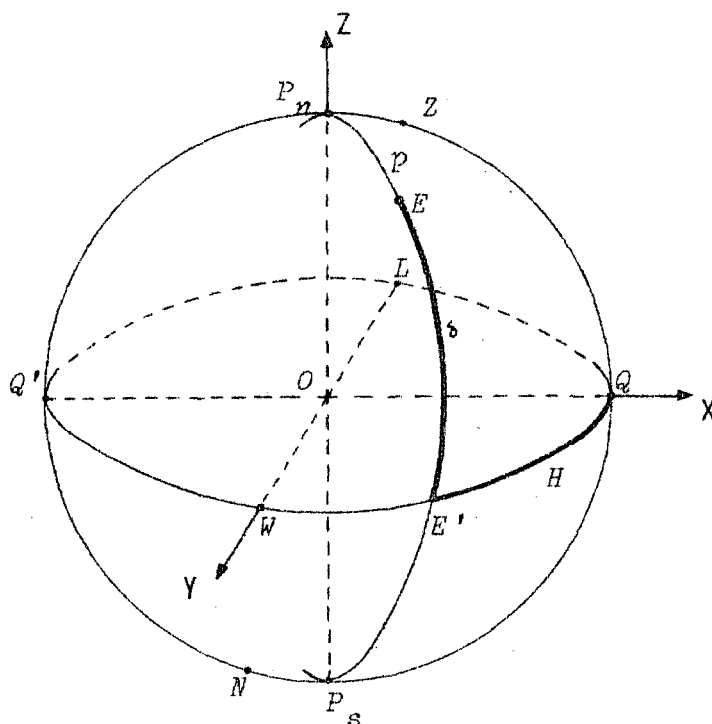


fig. IV

O *ângulo horário* (H) é a abscissa esférica que tem por medida o arco de equador QE' , contado no sentido retrógrado, desde o semi-meridiano superior até o círculo de declinação do astro, de 0 a 24 horas ou de 0° a 360° . Costuma-se também fazer o ângulo horário variar de 0 a $\pm 12h$ (ou 0° a $\pm 180^\circ$), com valor nulo no semi-meridiano superior e $\pm 12h$ (ou $\pm 180^\circ$) no semi-meridiano inferior, admitindo variação positiva para observações a oeste e negativas a leste do meridiano.

A *declinação* (δ) é o arco $E'E$ (ordenada esférica) medida no círculo de declinação desde o equador até o astro, ou o ângulo entre a direção OE e sua projeção OE' (fig. IV) sobre o plano do equador celeste. O intervalo de variação

desta coordenada está compreendido entre 0° e $\pm 90^\circ$, assumindo valor positivo quando o astro está no hemisfério norte e negativo quando no hemisfério sul. Em muitos problemas de Astronomia substitui-se a declinação do astro pela distância esférica $P_n E$, denominada *distância polar* (p), contada desde o polo norte até o astro. E' o complemento da declinação, variando de 0° (polo norte) a 180° (polo sul), relacionando-se a esta coordenada pela expressão $p=90^\circ-\delta$; para valores de distância polar superiores a 90° correspondem valores de declinação negativos, isto é, de astros que estão no hemisfério sul.

ADVERTÊNCIAS - No sistema equatorial local uma das coordenadas, a declinação, independe do local de observação. Como o equador celeste é comum a qualquer observador a declinação de um astro será a mesma em qualquer lugar da Terra.

Por outro lado o ângulo horário muda continuamente com a posição do observador, pois variando sua posição variará o S.M.S. e, também, com o movimento diurno da esfera celeste, isto é, com o tempo.

Para um observador situado nos polos da Terra não haverá distinção entre os sistemas de coordenadas horizontal e horário, pois sua vertical confunde-se com o eixo do mundo e os planos fundamentais (horizonte e equador) dos dois sistemas são idênticos.

3.2.3 - Sistema de coordenadas equatoriais celestes ou uranográficas

O terceiro sistema é denominado de coordenadas equatoriais celestes ou coordenadas uranográficas, admitindo como planos fundamental e normal os mesmos do sistema horário e como consequência a mesma ordenada esférica (declinação). Enquanto o eixo OZ tem orientação análoga ao do sistema anterior, OX é dirigido para o ponto vernal (fig. V) e o eixo OY é orientado de maneira a formar um ângulo de 90° (no sentido direto) com OX.

A segunda coordenada que permite o posicionamento de um ponto na esfera celeste é a *ascensão reta* (α). A *ascensão reta* (α) de um astro E (fig. V) é a abscissa esférica $\angle E'$, avaliada, no sentido direto, sobre o plano do equador, desde o ponto vernal até o círculo de declinação do astro. E' geralmente expressa por um valor com intervalo de variação compreendido entre 0 e 24 horas e mais raramente em

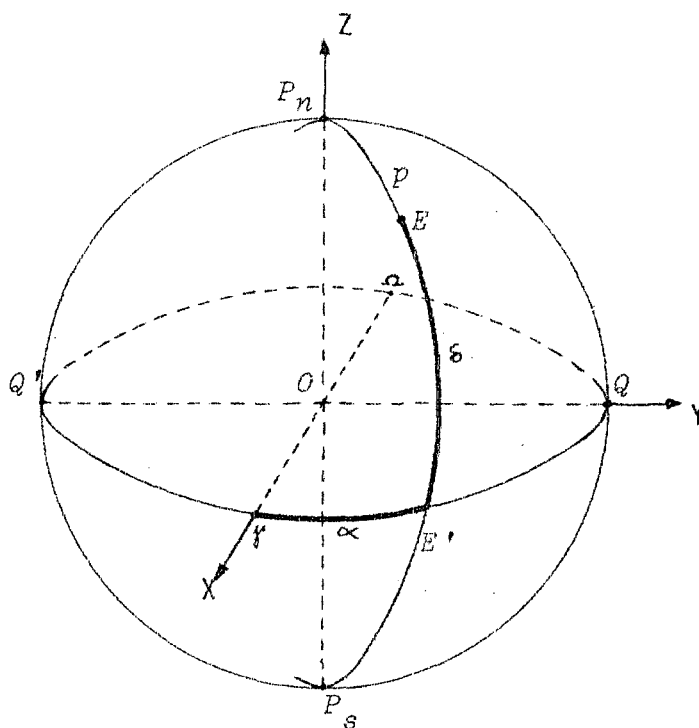


fig. V

tre 0° e 360° .

ADVERTÊNCIAS - As coordenadas ascensão reta e declinação de um astro não variam nem com o movimento diurno da esfera celeste nem com a posição do observador. Entretanto sofrem pequenas alterações resultantes dos efeitos da precessão dos equinócios, nutação, movimento próprio e do fenômeno de aberração da luz.

Por ser um sistema independente da posição do observador, cujos parâmetros são válidos para todos os pontos da superfície da Terra, quando considerados num mesmo instante físico, tem as coordenadas dos principais astros dadas por publicações anuais. Estas publicações, denominadas efemérides, são listas de estrelas que trazem os valores da ascensão reta e declinação para todos os dias ou para intervalos de dez em dez dias de um determinado ano [1].

3.2.4 - Síntese dos três sistemas de coordenadas celestes

A seguir é apresentado um quadro resumo das principais características dos três sistemas de coordenadas abordadas nos itens anteriores (quadro I).

quadro I - sistemas de coordenadas celestes

| S I S T E M A | | HORIZONTAL (sistema local) | EQUATORIAL LOCAL (sistema local quanto à abscissa) | EQUATORIAL CELESTE (sistema independente) |
|---|-------------|---|--|---|
| planos de referência | fundamental | horizonte celeste | equador celeste | equador celeste |
| | secundário | vertical do astro | círculo horário | círculo horário |
| nome e origem das coordenadas | abscissa | azimute (A) ponto sul (ou ponto norte) | ângulo horário (H) ponto de cruzamento do S.M.S. com o equador | ascensão reta (α) ponto vernal (γ) |
| | ordenada | altura (h) ou distância zenital (z) horizonte astronômico ou zênite | declinação (δ) ou distância polar (p) equador celeste ou polo norte | declinação (δ) ou distância polar (p) equador celeste ou polo norte |
| intervalo de variação e sentido da contagem | abscissa | 00 a 360° ou 00 a $\pm 180^\circ$ ^W _L retrógrado | 0h a 24h (ou 360°) 0h a $\pm 12h$ ($\pm 180^\circ$) ^W _L retrógrado | 0h a 24h direto |
| | ordenada | 00 a $\pm 90^\circ$ ou 00 a 180° | 00 a $\pm 90^\circ$ ^N _S ou 00 a 180° | 00 a $\pm 90^\circ$ ^N _S ou 00 a 180° |

3.3 - Definição astronômica de latitude geográfica

Latitude (φ) de um ponto sobre a superfície terrestre é o ângulo formado pela vertical desse ponto e sua projeção no plano equatorial instantâneo (perpendicular ao eixo de rotação no instante da observação). Admite variação entre 0° e $\pm 90^\circ$, com valores positivos no hemisfério norte e negativos no hemisfério sul, costumando-se empregar as letras N e S para indicar as condições acima.

Consideremos um observador em um ponto qualquer, P, sobre a superfície terrestre e sua vertical prolongada até encontrar a esfera celeste, determinando os pontos Z e N — respectivamente zênite e nadir do observador em P — (fig.: VI). Verifica-se que o arco HsPs representa a altura do polo, elevado acima do horizonte do observador e, o arco QZ, a declinação de seu zênite.

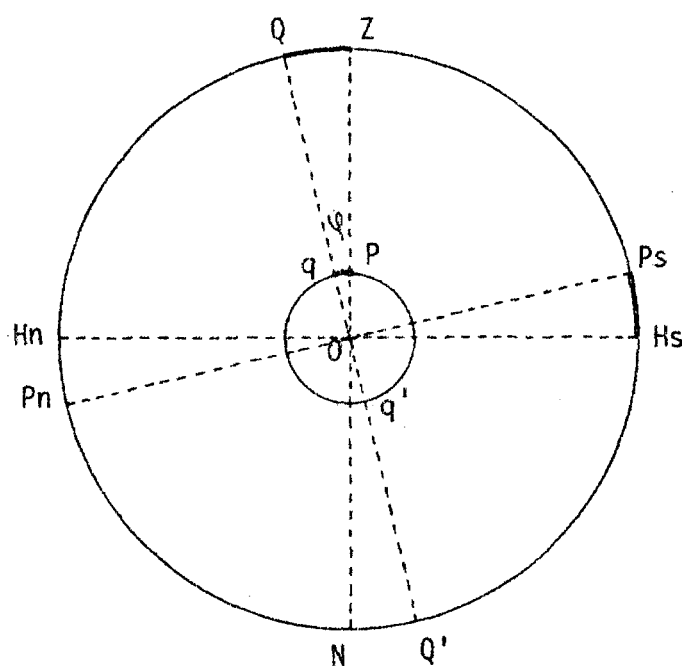


fig. VI

Sendo ZN perpendicular a HnHs e PnP perpendicular a QQ' resulta que os arcos HsPs e QZ são iguais, o que nos permite concluir que a *latitude* é igual a *altura do polo* e a *declinação do zênite*.

Portanto, para um observador em Recife ($\varphi = 8^\circ 03' 15''$ S), o polo sul celeste apresenta-se elevado, acima de seu horizonte, de $8^\circ 03' 15''$, valor que corresponde, também, a declinação de seu zênite.

3.4 - O triângulo astronômico

A solução do problema visando a determinação de posições geográficas é conseguida por meio da Trigonometria Esférica, auxiliar valiosa e de fundamental importância para a Astronomia de Posição.

Quando se vincula um astro simultaneamente a dois sistemas de coordenadas determina-se, sobre a esfera celeste, um triângulo esférico cujos lados são os arcos de circunferências máximas que os planos de referência dos sistemas determinam sobre a esfera celeste e que serão o do meridiano local, o do vertical do astro e o de seu círculo de declinação se os sistemas considerados forem o horizontal e o horário.

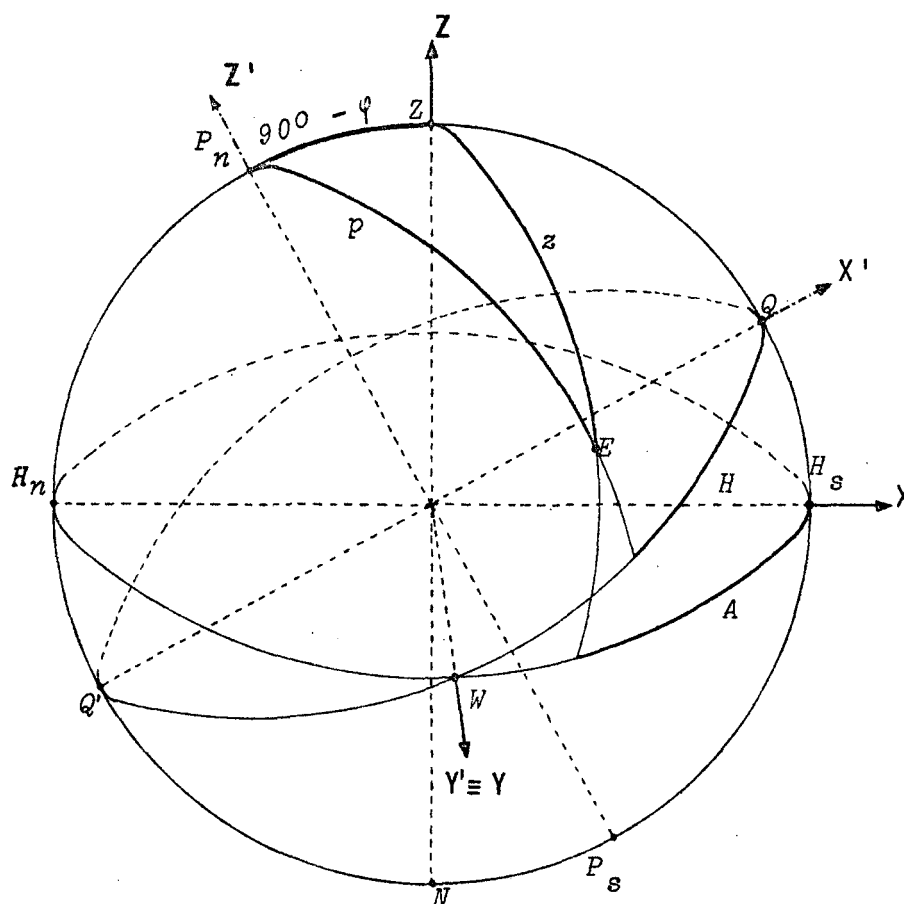


fig. VII

O triângulo esférico (fig. VII) assim formado, que tem como vértices o polo celeste, o zênite e o corpo celeste envolvido no problema é denominado de triângulo astronômico, triângulo de posição ou triângulo PZE (polo-zênite-astro), sendo a figura básica nos cálculos de posições geográficas.

Observando o triângulo de posição verifica-se que o lado entre o polo e o zênite é igual a $90^\circ - \varphi$, pois o arco

$QZ = \varphi$ (item 3.3); entre o polo e o astro \bar{e} a distância polar (p), com valor igual a $90^\circ - \delta$ e entre o zênite e o astro a distância zenital (z), valendo $90^\circ - h$. Seus ângulos internos correspondem no zênite ao suplemento do azimute ($Z = 180^\circ - A$), no polo ao ângulo horário ($\bar{P} = H$) e no astro ao ângulo denominado de *ângulo paralático* ou de *posição* ($E = Q$).

Sendo conhecidos três elementos quaisquer do triângulo pode-se resolvê-lo facilmente, encontrando os demais com o auxílio das fórmulas da Trigonometria Esférica.

3.5 - Transformação de coordenadas celestes

O problema consiste em determinar a abscissa e a ordenada de um astro, em um sistema, como função de suas coordenadas relacionadas a outro sistema e a latitude do observador.

Este problema é resolvido utilizando cálculo matricial ou aplicando as fórmulas da Trigonometria Esférica ao triângulo astronômico.

Nos parágrafos seguintes serão abordadas as transformações de coordenadas usando Trigonometria Esférica e cálculo matricial, sendo o primeiro processo mais empregado quando se trabalha com logaritmos ou máquinas de calcular, usando os valores naturais das funções e, o segundo, preferido quando se utilizam computadores eletrônicos.

3.5.1 - Conversão de coordenadas horizontais em horárias e vice-versa

No problema direto admite-se como quantidades conhecidas o azimute (A) e a distância zenital (z) do astro e a latitude (φ) do lugar de observação; deseja-se o ângulo horário (H) e a declinação (δ) do astro. Para obtê-las aplicam-se, ao triângulo de posição (fig. VII), as relações da Trigonometria Esférica [6], conhecidas como fórmula dos quatro elementos, analogia dos senos e fórmula dos cinco elementos. Têm-se então:

$$\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \varphi) \cos z + \sin(90^\circ - \varphi) \sin z \cos(180^\circ - A)$$

$$\frac{\sin(90^\circ - \delta)}{\sin(180^\circ - A)} = \frac{\sin z}{\sin H}$$

$$\sin(90^\circ - \delta) \cos H = \sin(90^\circ - \varphi) \cos z - \cos(90^\circ - \varphi) \sin z \cos(180^\circ - A)$$

ou ainda:

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A \quad (3.1)$$

$$\cos \delta \sin H = \sin z \sin A \quad (3.2)$$

$$\cos \delta \cos H = \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \sin A \quad (3.3)$$

A declinação é fornecida diretamente pela (3.1) e dividindo a (3.2) pela (3.3) obtem-se o ângulo horário. Tem-se, então:

$$\operatorname{tg} H = \operatorname{tg} z \frac{\sin A}{\cos \varphi} + \sec \varphi \quad (3.4)$$

Transformações nas fórmulas (3.1), (3.2), e (3.3) conduzem as expressões logarítmicas seguintes [5] que permitem calcular a declinação e o ângulo horário do astro, embora estes valores também possam ser obtidos a partir das fórmulas acima, empregando os logarítmos de Leonelli [6] ou os logarítmos ordinários e resolvendo por partes.

$$\operatorname{tg} H = \operatorname{tg} A \sin M \sec (\varphi - M) \quad (3.5)$$

$$\operatorname{tg} \delta = \cos H \operatorname{tg} (\varphi - M) \quad (3.6)$$

onde:

$$\operatorname{tg} M = \operatorname{tg} z \cos A = \cot h \cos A$$

O quadrante do ângulo horário será fixado pelo sinal da tangente em (3.4) ou (3.5), pois tanto ele como o azimuth variam sempre no mesmo sentido (sempre valores maiores ou menores que 180°).

No caso da declinação, como $|\delta| \leq 90^\circ$, o hemisfério onde situa-se o astro será indicado pelos sinais do seno (3.1) e da tangente (3.6), com valores no primeiro quadrante (0° a 90°, portanto hemisfério norte) ou no quarto quadrante (0° a -90°, ou seja, no hemisfério sul).

O problema inverso consiste em determinar o azimuth e a distância zenital quando são conhecidos o ângulo horário e a declinação de um astro e a latitude do local.

Do triângulo de posição (fig. VII) tem-se:

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H \quad (3.7)$$

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin H \quad (3.8)$$

$$\sin z \cos A = \cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos H \quad (3.9)$$

sendo z obtido da (3.7) e A pela expressão abaixo, quociente da (3.8) pela (3.9); portanto:

$$\operatorname{tg} A = \cot \delta \frac{\sin H}{\cos \varphi} + \frac{\operatorname{tg} H}{\sin \varphi} \quad (3.10)$$

As expressões (3.7), (3.8) e (3.9) podem ser adaptadas ao cálculo logarítmico [3] resultando as relações seguintes:

$$\operatorname{tg} A = \frac{\operatorname{tg} H \cos M}{\operatorname{sen} (\varphi - M)} \quad (3.11)$$

$$\operatorname{tg} z = \frac{\operatorname{tg} (\varphi - M)}{\cos A} \quad (3.12)$$

onde: $\operatorname{tg} M = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos H}$

3.5.2 - Conversão de coordenadas horárias em equatoriais e vice-versa

Os dois sistemas admitem o plano do equador como plano fundamental de referência e a mesma ordenada esférica. Portanto as coordenadas envolvidas no problema serão apenas o ângulo horário (H) e a ascensão reta (α) do astro.

Se a esfera celeste for vista por um observador situado no polo norte celeste o equador apresentar-se-á como um círculo, enquanto o semimeridiano superior — origem de contagem do ângulo horário — e o círculo de declinação como linhas radiais (fig.: VIII).

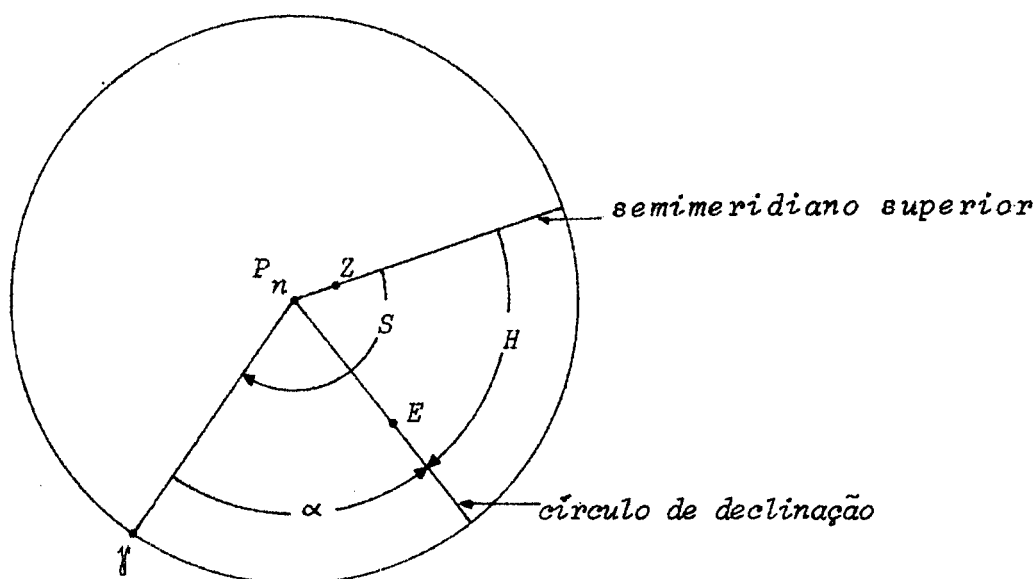


fig. VIII

Verifica-se na figura que o valor de S , denominado de *tempo sideral* (item 5.1), será dado por $S = H + \alpha$ sendo S definido como o ângulo horário do ponto vernal.

Admitindo como conhecidos o ângulo horário do ponto vernal e o ângulo horário do astro, a ascensão reta será calculada pela expressão:

$$\alpha = S - H \quad (3.13)$$

Para resolver o problema inverso, ou seja, calcular H em função de α e S (admitidos como dados) é suficiente fazer

$$H = S - \alpha \quad (3.14)$$

3.5.3 - Transformação por matrizes

Quando se dispõe de computadores eletrônicos é mais cômodo efetuar as transformações das coordenadas celestes por cálculo matricial. O processo goza da vantagem de permitir cálculos mais simples e mais rápidos.

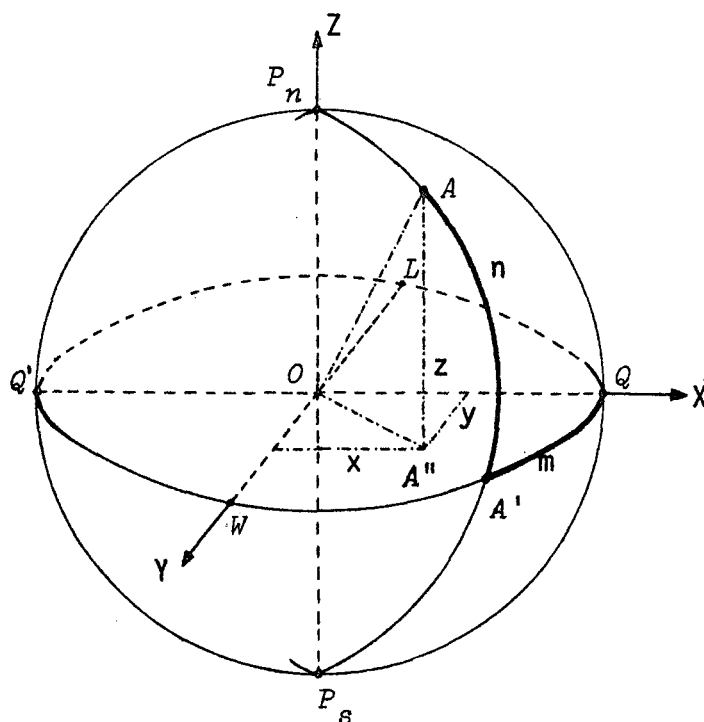


fig. IX

Consideremos um ponto A sobre a esfera celeste (fig. IX) de coordenadas esféricas m e n representando a abscissa e ordenada esférica respectivamente, definidas pelo sistema tri-retângulo OZXY (conforme item 3.1). O ponto também pode ser posicionado por coordenadas retilíneas, que indicaremos como x, y e z. Da figura IX depreende-se que:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{m,n} = \begin{bmatrix} \cos n \cos m \\ \cos n \sin m \\ \sin n \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

A seguir serão dadas expressões que podem ser usadas com a finalidade de transformar sistemas de coordenadas utilizando matrizes [10] e [4] sem, no entanto, descender às minúcias de como foram estabelecidas.

Para transformar as coordenadas do sistema horizontal em coordenadas do sistema horário, conhecendo-se a latitude (φ) do local, tem-se (fig. X):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{H,\delta} = R2[-(90^\circ - \varphi)] \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{A,h} \quad (3.16)$$

No caso do problema inverso, isto é, conversão de coordenadas horárias em horizontais, a solução é dada por (fig. X):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{A,h} = R2(90^\circ - \varphi) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{H,\delta} \quad (3.17)$$

OBSERVAÇÕES: Tanto no problema direto como no inverso, os valores:

- a) x, y e z são as coordenadas estabelecidas de acordo com a (3.15), sendo que: a.1) no sistema horário $m=H$ e $n=\delta$
- a.2) no sistema horizontal $m=A$ e $n=h$

b) $R2[-(90^\circ - \varphi)]$ ou $R2(90^\circ - \varphi)$ é a matriz indicativa da rotação em torno do eixo OY. No primeiro caso, embora a rotação seja anti-horária, é usado o sinal negativo para o ângulo por serem dois sistemas levogiros. No problema inverso efetua-se uma rotação horária - e portanto negativa - mas, pelo mesmo motivo, se inverte o sinal do ângulo.

A ligação entre os sistemas horário e equatorial, quando se conhece o ângulo horário do ponto vernal, é conseguida empregando a relação (fig. XI):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{\alpha, \delta} = R3(180^\circ - S) (R1) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{H, \delta} \quad (3.18)$$

A transformação inversa é facilmente obtida aplicando a expressão seguinte (fig. XI):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{H, \delta} = R3(-S)(R2) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{\alpha, \delta} \quad (3.19)$$

OBSERVAÇÕES: Para a transformação direta ou inversa tem-se:

- a) x, y e z de acordo com a (3.15), onde:
 - a.1) no sistema equatorial $m = \alpha$ e $n = \delta$;
 - a.2) no sistema horário $m = H$ e $n = \delta$;
- b) $R3(180^\circ - S)$ e $R3(-S)$ indicando matrizes de rotação;
- c) $(R1)$ e $(R2)$ indicando reflexões dos eixos OX e OY, respectivamente;
- d) as matrizes de rotação e reflexão, citadas nos parágrafos precedentes, são respectivamente [4] :

$$R1(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

$$R2(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

$$R3(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(R1) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(R2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Depois de efetuadas as transformações os valores das novas coordenadas esféricas poderão ser calculadas pelas fórmulas:

$$m = \operatorname{tg}^{-1} \frac{y}{x} \quad (3.20)$$

$$n = \operatorname{sen}^{-1} z = \operatorname{tg}^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (3.21)$$

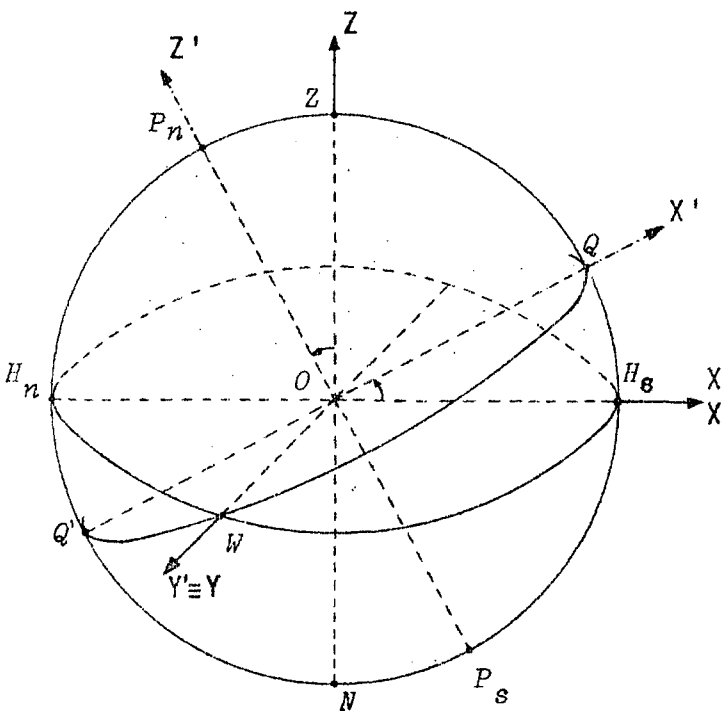


fig. X

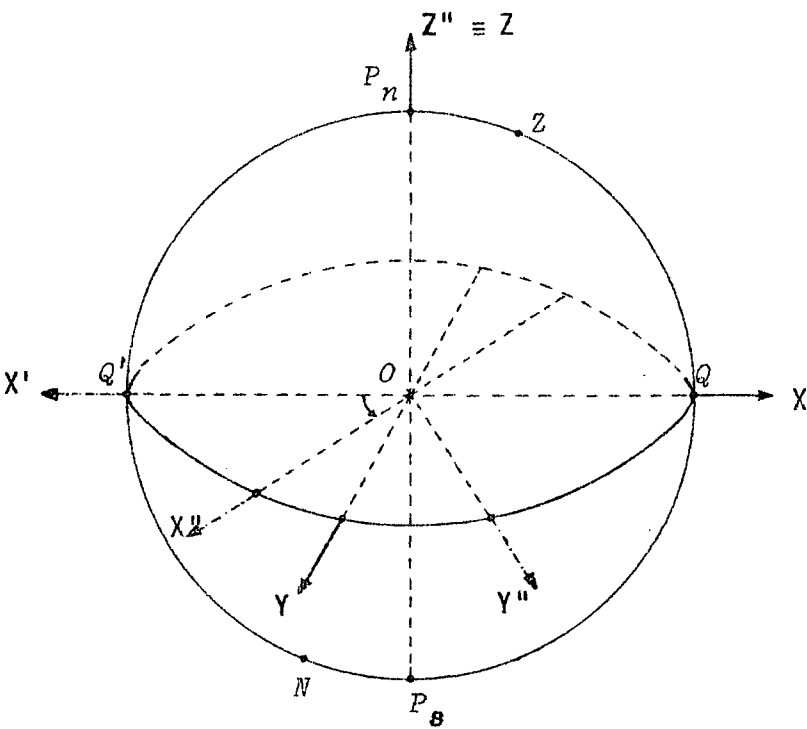


fig. XI

4. CORREÇÕES ÀS COORDENADAS CELESTES OBSERVADAS

Algumas correções devem ser introduzidas nas coordenadas dos astros observados para anular os diversos fatores que causam variações nestas coordenadas, tornando-as incoerentes com aqueles valores, obtidos das efemérides, para a ascensão reta e a declinação do mesmo astro. A fim de conseguir tal coerência necessário se torna eliminar os erros instrumentais e os efeitos da refração, paralaxe e semidiâmetro, os quais deverão ser examinados nos parágrafos subsequentes.

4.1 - Refração

O raio luminoso emitido por um astro propaga-se em linha reta, até atingir a atmosfera terrestre; porém sofre uma série de refrações à medida que atravessa as diversas camadas de diferentes densidades que a compõem, aproximando-se da normal à superfície de separação dessas camadas, descrevendo uma curva no mesmo plano vertical (teoricamente, desde que se admitam algumas hipóteses simplificativas, tais como a homogeneidade e estado de equilíbrio das camadas atmosféricas e índice de refração absoluto das camadas adjacentes como função contínua de seus raios, com valor igual a um no limite da atmosfera).

Portanto, se um astro E foi visado de um ponto B (fig. XII), devido ao fenômeno da *refração astronômica*, será visto como se estivesse em E', isto é, mais acima do que se encontra na realidade.

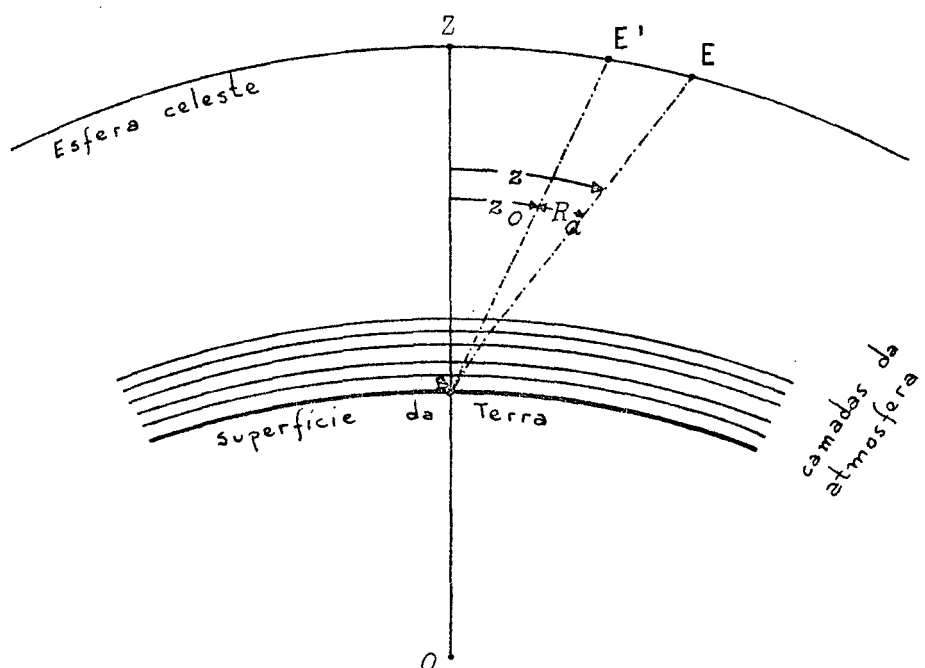


fig. XI

Desde que a refração astronômica altera a posição do astro apenas no plano do seu vertical, deve-se introduzir uma correção que será aditiva quando se trabalhar com distâncias zenitais e subtrativas no caso de alturas. Tem-se então (fig. XII):

$$z = z_o + R_a \quad (4.1)$$

ou
$$h = h_o - R_a \quad (4.2)$$

onde:

- R_a : refração astronômica;
- z : distância zenital real;
- z_o : distância zenital observada;
- h : altura real;
- h_o : altura observada.

O valor de z_o (ou h_o) é obtido quando se visa o astro, sendo, portanto, necessário calcular R_a (refração astronômica para o momento da observação); que é uma função da distância zenital observada, da temperatura do ar e da pressão atmosférica.

Em função do índice de refração na superfície terrestre (n') e da distância zenital observada (ou altura observada) pode-se obter um valor aproximado para a refração atmosférica, denominado *refração média* (R_m) e obtido pelas expressões abaixo, cujo estabelecimento pode ser verificado em [2]:

$$R_m = (n' - 1) \operatorname{tg} z_o \quad (4.3)$$

ou
$$R_m = (n' - 1) \operatorname{cotg} h_o \quad (4.4)$$

Sendo o índice de refração na superfície terrestre uma função da pressão atmosférica (P) e da temperatura do ar (t), seu valor aproximado para $P = 760 \text{ mmHg}$ e $t = 00^\circ \text{C}$ é [2]:

$$n' = 1,0002916$$

Determinado o valor de $(n' - 1)$ em segundos de arco (multiplicando-o pelo inverso do $\operatorname{sen} 1''$) as expressões (4.3) e (4.4) poderão ser escritas:

$$R_m = 60,15'' \operatorname{tg} z_o \quad (4.5)$$

$$\text{e} \quad R_m = 60,15'' \operatorname{cotg} h_o \quad (4.6)$$

Quando, além da distância zenital (ou altura), se mede a pressão atmosférica e a temperatura do ar no instante de observação, pode obter-se um valor mais aproximado para a refração astronômica, introduzindo correções referentes a esses fatores; portanto:

$$R_a = R_m \cdot C_p \cdot C_t \quad (4.7)$$

onde C_p e C_t são as correções relativas aos valores de pressão atmosférica e temperatura do ar, sendo, com o valor da R_m tabelados no *ANUÁRIO DO OBSERVATÓRIO NACIONAL*, para valores de z_o desde 0° a 80° .

Para cálculos onde são usados computadores eletrônicos deve empregar-se, na obtenção da refração astronômica, a fórmula seguinte [12], cujas variáveis já foram estatuídas anteriormente:

$$R_a = (60,37'' \operatorname{tg} z_o - 0,067'' \operatorname{tg}^3 z_o) \frac{P}{760 (1 + 0,00018018 t)} \frac{1}{(1 + 0,00367 t)} \quad (4.8)$$

4.2 - Paralaxe diurna

Um astro E, observado de um ponto qualquer M da superfície terrestre, será visto como se projetado sobre a esfera celeste numa posição E' (fig. XIII). Esse mesmo corpo celeste, visto do centro da Terra, apresentaria uma projeção E'' sobre a esfera. Verifica-se, então, que um astro assumirá diferentes posições de acordo com o lugar de onde for visado, isto é, variando a origem do sistema de coordenadas altera-se sua projeção sobre a esfera celeste. A fim de tornar coerentes as observações astronômicas que são efetivadas em diferentes regiões do planeta é necessário reduzi-las ao centro da Terra, ponto ao qual são referidas as coordenadas dos cor-

pos celestes, dadas pelas efemérides. Para resolver o problema é suficiente efetuar uma mudança no sistema astronômico do observador (topocêntrico), levando sua origem ao centro da Terra (geocêntrico), introduzindo o valor, correspondente ao desvio sofrido pela direção do astro, quando relacionado ao observador e depois ao centro da Terra.

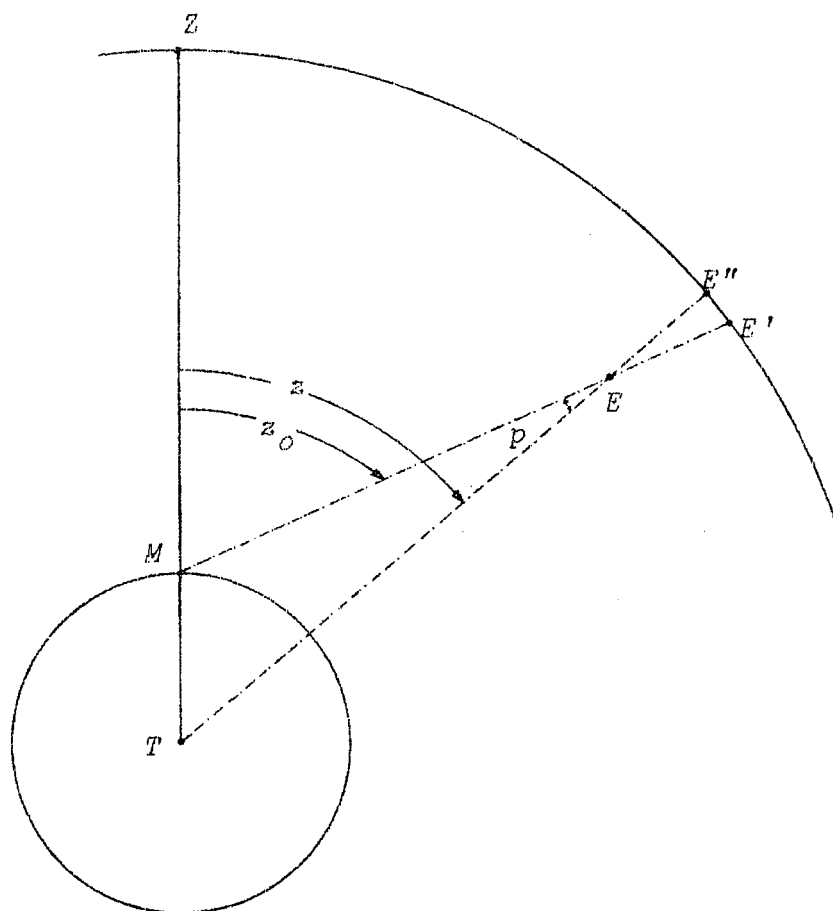


fig. XIII

Pela figura XIII vemos que a distância zenital topocêntrica é o ângulo $ZME = z_0$ e a geocêntrica $ZTE = z$, sendo a diferença entre elas dada por MET , denominada *paralaxe diurna* e seria o ângulo sob o qual é visto, do centro do astro E , o raio da Terra no lugar de observação. Portanto a *paralaxe diurna* é uma função da distância zenital (ou altura), admitindo valor máximo quando o centro do astro está no horizonte, denominada *paralaxe horizontal*; para qualquer outra posição do astro é chamada de *paralaxe em altura*; passa por um mínimo quando no S.M.S., até se anular, no caso particular do astro atingir o zênite.

Indicando por P a paralaxe horizontal, por z_0 (h_0) a distância zenital (altura) topocêntrica (fig. XIII), a *paralaxe em altura*, p , será obtida pela expressão:

$$p = P \operatorname{sen} z_0 \quad (4.9)$$

cujo valor, subtraído de z_0 (pois, ao contrário da refração, faz com que os astros pareçam mais baixos do que estão na realidade), dará a distância zenital geocêntrica z . Resulta, então:

$$z = z_0 - p \quad (4.10)$$

ADVERTÊNCIAS: a) No caso da altura, a correção obtida da (4.9) passa a ser aditiva e se tem:

$$h = h_0 + p \quad (4.11)$$

b) Pela própria definição de paralaxe diurna constata-se que, ao se fazer observações para as estrelas seu valor é desprezível, em virtude das distâncias infinitamente grandes que nos separam destes corpos celestes, tornando insignificantes as dimensões terrestres. Para os astros do sistema solar, particularmente o Sol, os efeitos da paralaxe devem ser considerados, face as distâncias relativamente pequenas que os separam da Terra.

c) As efemérides apresentam tabelas que dão a paralaxe do sol e dos planetas para todos os dias do ano; o maior valor que ela pode assumir é denominado de *paralaxe horizontal equatorial* (w), sendo adotada para o Sol a média de 8,79" (oscila entre 8,65" e 8,95") [5]

4.3 - Semidiâmetro

As coordenadas uranográficas consignadas nas efemérides são relativas ao centro dos astros; muitas vezes, porém, não é possível visar o centro e sim os bordos de seus discos aparentes, devendo-se, então, introduzir, nas coordenadas observadas, a correção denominada *semidiâmetro*, para torná-las coerentes com aquelas. Quando forem visadas estrelas será fácil apontar para o centro, pois, estes corpos celestes apresentam-se como pontos luminosos, sendo desnecessário admitir essa correção. Entretanto quando se consideram corpos do sistema solar, particularmente o Sol, geralmente não se visa o centro, mas os seus bordos, impondo-se a redução das observações.

O semidiâmetro (s) é o ângulo sob o qual o observador, em um ponto da superfície terrestre, veria o raio do

astro visado; \bar{e} é uma correção aditiva ou subtrativa, dependendo do bordo visado (fig. XIV).

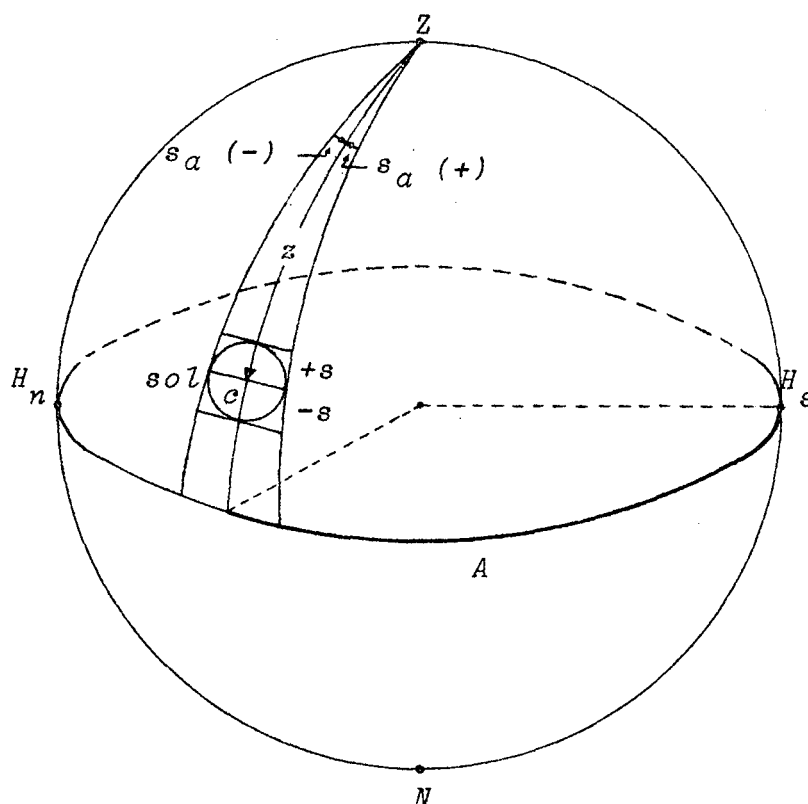


fig. XIV

Então, para a distância zenital, se tem:

$$z = z_0 \pm s \quad (4.12)$$

sendo z_0 a distância zenital observada, admitindo-se o sinal positivo quando o bordo visado for o superior e negativo quando o inferior.

De modo análogo, para a leitura horizontal, se verifica:

$$L = L_0 \pm s_a \quad (4.13)$$

onde: L_0 : leitura horizontal observada;

s_a : correção a introduzir relativa ao semidiâmetro do astro observado e os sinais (+) e (-) concernentes aos bordos esquerdo e direito, respectivamente, é calculada pela expressão [5] :

$$s_a = s \operatorname{cosec} z_0 \quad (4.14)$$

OBSERVAÇÕES: a) Quando são feitas visadas para o Sol com a luneta na *posição direta* - *PD* - (quando a graduação do círculo vertical cresce com a distância zenital, ou seja, ao se deslocar a luneta do zênite para a frente do observador) e, em seguida, na *posição inversa* - *PI* - (quando a graduação decresce ao se efetuar o mesmo movimento) tangenciando-se duplamente, com os fios vertical e horizontal, na primeira posição dois dos bordos e, na segunda, os dois bordos opostos, as correções que deveriam ser introduzidas pela (4.12) aparecerão com sinais contrários, anulando-se.

Usando-se o *prisma solar de Roelofs* (item 6.5), pode-se visar o centro do disco aparente do Sol e a correção relativa ao semidiâmetro será desnecessária, tanto para z_0 quanto para L_0 .

b) As efemérides apresentam o semidiâmetro aparente do Sol para todos os dias do ano. Deve-se observar que, sendo um valor que depende da distância Sol-Terra, assume um máximo (da ordem de $16' 17''$ em dezembro) quando essa distância for mínima e um mínimo ($15' 45''$ em junho) em caso contrário.

4.4 - Correções instrumentais

Nas leituras de ângulos verticais e horizontais devem ser introduzidas correções para eliminar os erros ocasionados pelas imperfeições instrumentais.

Para as medidas de distâncias zenitais admite-se a correção denominada *zênite instrumental* (z_i), a qual se deve a não coincidência do eixo principal do instrumento com a vertical do lugar.

Representando por:

Z : o zênite e z_0 a distância zenital;

Z_i : o zênite instrumental e z_i a correção do zênite instrumental;

D_v : a leitura do círculo vertical em *PD*;

I_v : a leitura do círculo vertical em *PI*;

E : um alvo fixo qualquer

As figuras (XV) e (XVI) proporcionarão, respectivamente, as relações:

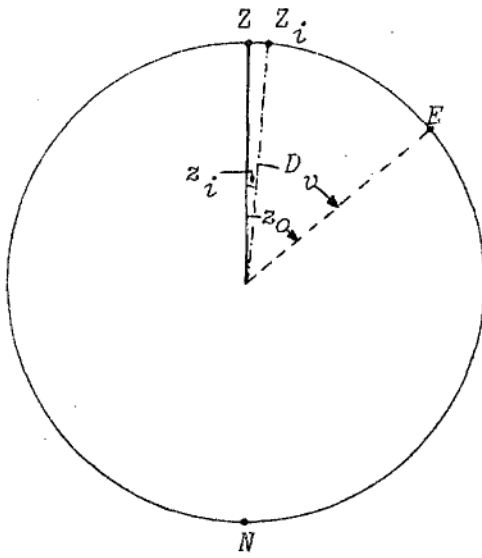


fig. XV

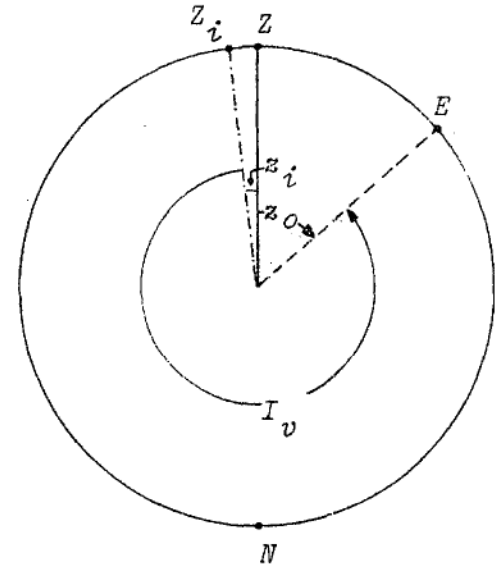


fig. XVI

$$z_o = D_v + z_i \quad (4.15) \quad \text{e} \quad z_o = 360^\circ - I_v - z_i \quad (4.16)$$

onde a (4.15) é a resultante da pontaria sô em PD e a (4.16) sô em PI. O valor de z_i é obtido subtraindo a (4.16) da (4.15).

Portanto:

$$z_i = \frac{360^\circ - (D_v + I_v)}{2} \quad (4.17)$$

OBSERVAÇÃO: Pode-se evitar a utilização da (4.17) obtendo-se a distância zenital através de uma pontaria completa (PD e PI).

Neste caso o valor de z_o será dado pela expressão:

$$z_o = \frac{360^\circ + D_v - I_v}{2} \quad (4.18)$$

obtida somando-se a (4.15) e a (4.16).

Para as leituras no limbo horizontal, quando são feitas visadas com a luneta inclinada, admite-se a correção relativa à falta de horizontalidade do eixo secundário. Tais leituras podem ser calculadas pela fórmula [5]:

$$L = \frac{D'_H + I'_H \pm 180^\circ}{2} + \frac{k}{4} [(d + d') - (e + e')] \cotg z_o \quad (4.19)$$

adotando o sinal positivo quando se verificar $D_H > I_H$ e negativo em caso contrário, sendo:

L : leitura horizontal procurada;

D'_H : leitura do círculo horizontal em PD

I'_H : leitura do círculo horizontal em PI

k : constante do nível móvel (nível de cavale -

te - valendo $5''/2$ mm para os teodolitos WILD T-2 e KERN DKM - 2);

d e e : leituras do nível móvel, relativas ao centro da bolha (média das leituras extremas), com a graduação zero do nível respectivamente à direita e à esquerda, para uma visada em PD ;

d' e e' : mesmo significado, porém em PI ;

z_o : distância zenital do ponto visado; note-se que, para um alvo no horizonte ($z_o = 90^\circ$), é nula a correção resultante da falta de horizontalidade do eixo secundário.

5. NOÇÕES SOBRE TEMPO

Em toda observação astronômica é imprescindível o conhecimento da hora, necessitando-se, portanto, de algumas noções sobre as diversas espécies de tempo utilizadas pela Astronomia.

É necessário, inicialmente, fazer uma distinção entre os dois aspectos de tempo denominados *época* (instante) e *intervalo*. A *época* é empregada para definir, com exatidão, o momento ou o instante em que ocorreu algum fenômeno ou observação. O *intervalo* é a quantidade de tempo decorrido entre duas épocas e medida em unidades de alguma escala de tempo.

Para efetuar medidas de tempo, em Astronomia, são utilizados sistemas de duas espécies que estão relacionados a fenômenos físicos observados.

O sistema baseado em fenômenos astronômicos é denominado *sistema de tempo astronômico* (*tempo rotacional e tempo das efemérides*), enquanto o fundamentado em oscilações eletromagnéticas produzidas pela quantidade de transição de um átomo é o *sistema de tempo atômico*.

No sistema astronômico o tempo baseado na rotação da Terra, é denominado *tempo rotacional* e é sobre ele que versarão os parágrafos seguintes.

Para observar o movimento de rotação é adotada uma referência ligada a esfera celeste e que pode ser o ponto vernal (ou um astro fixo) ou o Sol e, outra, ligada à Terra, escolhendo-se, em cada lugar, o semi-meridiano superior ou inferior como referência.

5.1 - Tempo sideral verdadeiro (aparente) e médio

O *tempo sideral* é aquele regulado pelo ponto vernal (γ) e diretamente vinculado ao movimento de rotação da Terra, pois a intervalos iguais de movimento rotacional correspondem intervalos iguais de tempo sideral.

O tempo rotacional é denominado *tempo sideral verdadeiro* (S_v) quando referido ao ponto vernal verdadeiro (γ sujeito à precessão e nutação) e *tempo sideral médio* (S_m) quando referido ao ponto vernal médio (γ afetado apenas da precessão).

O *dia sideral* é a unidade fundamental do tempo sideral, sendo definido como o intervalo que flui entre duas passagens consecutivas do ponto vernal pelo mesmo semimeridiano.

O dia sideral (verdadeiro ou médio) é convencionalmente dividido em horas, minutos e segundos siderais (verdadeiros ou médios) e, em um determinado local, tem início quando o ponto vernal cruza o S.M.S. do lugar; naquele instante ter-se-ão $0^h 0^m 0^s$ siderais e daí por diante a hora sideral local (S) será igual ao ângulo horário do ponto vernal. Portanto (fig. XVII):

$$S_v = H \gamma_v \quad (5.1)$$

$$S_m = H \gamma_m \quad (5.2)$$

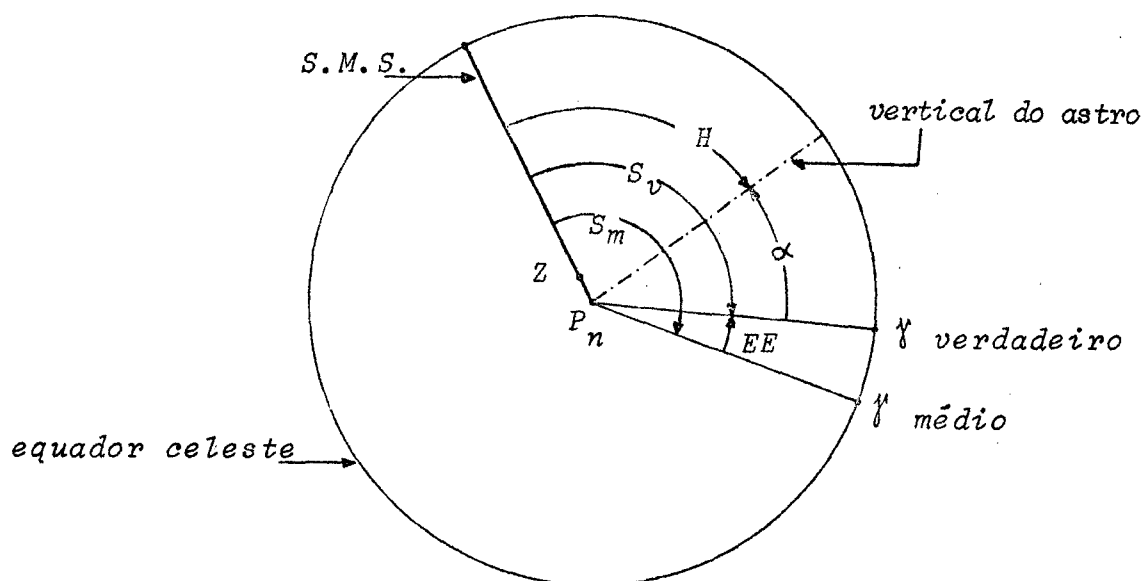


fig. XVII

De um modo mais geral tem-se, em um dado instante e lugar, que o ângulo horário de um astro somado algebricamente à sua ascensão reta é igual a hora sideral do lugar. Então:

$$S = H + \alpha \quad (5.3)$$

Da diferença entre os dois instantes (devido à nutação) definidos pelas (5.1) e (5.2) resulta a *equação dos equinócios*:

$$EE = S_v - S_m \quad (5.4)$$

5.2 - Tempo solar verdadeiro e médio

Quando a referência ligada à esfera celeste for o Sol, o tempo rotacional recebe a designação de *tempo solar*.

O tempo solar regulado pelo movimento diurno do Sol verdadeiro é denominado *tempo solar verdadeiro* (V). O movimento do Sol verdadeiro porém não é constante, em virtude de seu movimento de translação aparente ao longo da eclíptica não ser uniforme; também não o é o movimento da sua projeção sobre o equador onde são contados os ângulos horários, devido à obliquidade da eclíptica. Por isso os astrônomos conceberam um *Sol médio*, isto é, um astro fictício que percorre o equador com movimento uniforme ao mesmo tempo que o verdadeiro percorre a eclíptica com movimento variado. Referindo-se o tempo rotacional a este Sol imaginário, tem-se o *tempo solar médio* (M).

O *dia solar* é a unidade fundamental do tempo solar, definido como o intervalo decorrido entre duas passagens consecutivas do centro do Sol pelo mesmo semimeridiano.

O dia solar (verdadeiro ou médio) é dividido em horas, minutos e segundos solares (verdadeiros ou médios) e, em um dado local, começa quando o centro do Sol cruza o S.M.I. do lugar; naquele instante serão *0h 0min 0s* solares e daí por diante a hora solar será igual ao ângulo horário do Sol acrescido de 12h (pois a contagem do ângulo horário tem início no S.M.S.). Portanto (fig. XVIII):

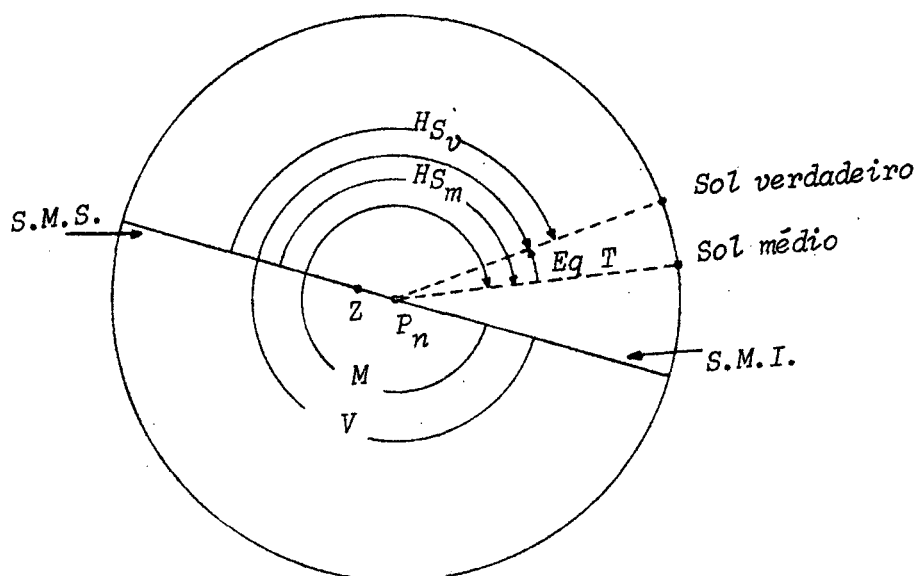


fig. XVIII

$$V = H_{S_v} + 12h \quad (5.5)$$

$$M = H_{S_m} + 12h \quad (5.6)$$

Se o ângulo horário do Sol fictício for relacionado ao meridiano astronômico de *Greenwich*, ter-se-á o *Tempo Universal (TU)* ; portanto:

Oh TU = Oh médias para um observador em Greenwich.

A diferença entre dois instantes, definidos pelas relações (5.5) e (5.6), dá a equação do tempo [10] :

$$E_q T = V - M \quad (5.7)$$

O *Anuário do Observatório Nacional* dá o valor de $E_q T_o$ ($E_q T$ a *Oh TU*) e $\Delta E_q T_o$ (variação horária de $E_q T_o$) para todos os dias do ano, calculando-se o valor de $E_q T$ pela expressão:

$$E_q T = E_q T_o + (M + L) \Delta E_q T_o \quad (5.8)$$

OBSERVAÇÃO: A hora média do meridiano central de um *fuso horário* (fuso esférico de 15° de amplitude = 1 hora, situada entre dois meridianos da Terra) é definida como a hora legal (H_l) daquele fuso (F) . Demonstra-se que:

$$H_l + F = M + L \quad (5.9)$$

resultando, então, para a (5.8):

$$E_q T = E_q T_o + (H_l + F) \Delta E_q T_o \quad (5.10)$$

6. DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

6.1 - Considerações preliminares

Embora seja um método que não se caracteriza pela precisão é um dos mais usados, principalmente nos levantamentos topográficos, fornecendo valores de azimute com grau de precisão suficiente para esses trabalhos ou, para aqueles de reconhecimento em locais onde haja necessidade da determinação de valores iniciais, grosseiros ou aproximados, a fim de obter suas coordenadas geográficas, ou a orientação de redes de triangulação, poligonação, etc.

O processo consiste em medir, pela manhã ou à tarde, a distância zenital (ou altura) do Sol e o ângulo horizontal entre seu vertical e uma linha de referência, determinando seu azimute e obtendo a posição do meridiano em relação à direção daquela linha.

A principal vantagem do método é que não necessita o conhecimento exato da hora, elemento que pode ser fornecido por um relógio comum, sendo suficiente, para se obter o instante físico da observação, o valor com aproximação ao minuto a fim de atualizar a declinação do Sol, dado a ser empregado no cálculo do azimute do astro. Também a latitude do local de observação não precisa ser conhecida com grande rigor, podendo ser empregado o valor tirado de uma carta, por interpolação. Contudo, sendo $A = F(\varphi)$, quanto mais preciso o valor da latitude, mais preciso será o valor do Azimute.

Portanto, dos elementos necessários, a distância zenital e a leitura horizontal, do Sol, são os que oferecem maior dificuldade de obtenção. Como não é possível observar o astro, visando-o diretamente com o teodolito sem nenhum dispositivo auxiliar, diversas são as maneiras utilizadas para obter esses valores, os quais necessitam de algumas correções a fim de anular (ou reduzir) os efeitos da refração e paralaxe quando considerada a distância zenital observada, e semidiâmetro ou do ângulo entre os prismas (item 6.3) quando considerada a leitura horizontal do Sol, desde que se façam, sempre, vistas para o astro nas duas posições da luneta.

As maneiras empregadas, consistem em visadas diretas para o Sol adaptando, no entanto, dispositivos a luneta do teodolito (prisma solar de Roelofs e filtro escuro adaptados à objetiva e ocular respectivamente), ou indiretas, obtendo a projeção da imagem do Sol e retículo em um anteparo. Sobre estes procedimentos versarão os itens 6.5, 6.6 e 6.7 deste trabalho, inclusive com os resultados das determinações realizadas pelo método em estudo.

6.2. CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE

Da expressão (3.1), obteremos, por diferenciação, considerando constantes δ e φ e variáveis A e z :

$$0 = - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} z \, dz + \cos \varphi \operatorname{sen} z \operatorname{sen} A \, dA - \cos \varphi \cos A \cos z \, dz$$

ou

$\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} z \, dz + \cos \varphi \cos A \cos z \, dz = \cos \varphi \operatorname{sen} z \operatorname{sen} A \, dA$
portanto:

$$dA = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{sen} A} \, dz + \cotg A \cotg z \, dz \quad (6.1)$$

Examinando a expressão acima (6.1), observa-se que o erro em azimuth, dA , será mínimo quando:

a) O termo $\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{sen} A} \, dz$ for mínimo, o que ocorrerá quando $\operatorname{sen} A$ for máximo, ou seja, $\operatorname{sen} A = \pm 1$ e, portanto $A = 90^\circ$ ou 270° e, também $\operatorname{tg} \varphi$ for mínimo o que acontecerá para um valor mínimo da latitude.

b) O termo $\cotg A \cotg z \, dz$ for, também, mínimo, o que se verificará quando $\cotg A$ for mínimo, isto é, para $\cotg A = 0$ e, portanto, $A = 90^\circ$ ou 270° .

Conclui-se, então, que na determinação do meridiano por distâncias zenitais absolutas serão consideradas boas as observações feitas para um astro nas proximidades do 1º vertical e em locais próximos do equador.

6.3 - Fórmulas empregadas

Como já foi estabelecido anteriormente a direção do meridiano será dada pelo ângulo horizontal entre ele e a linha que liga o ponto-estação-instrumento e uma mira qualquer (vértice de uma triangulação, poligonação, etc). Tal ângulo, o *azimute da mira*, é calculado pela expressão seguinte, obtida geometricamente da fig. XIX

$$A_M = L_M - L_S + A_S \quad (6.2)$$

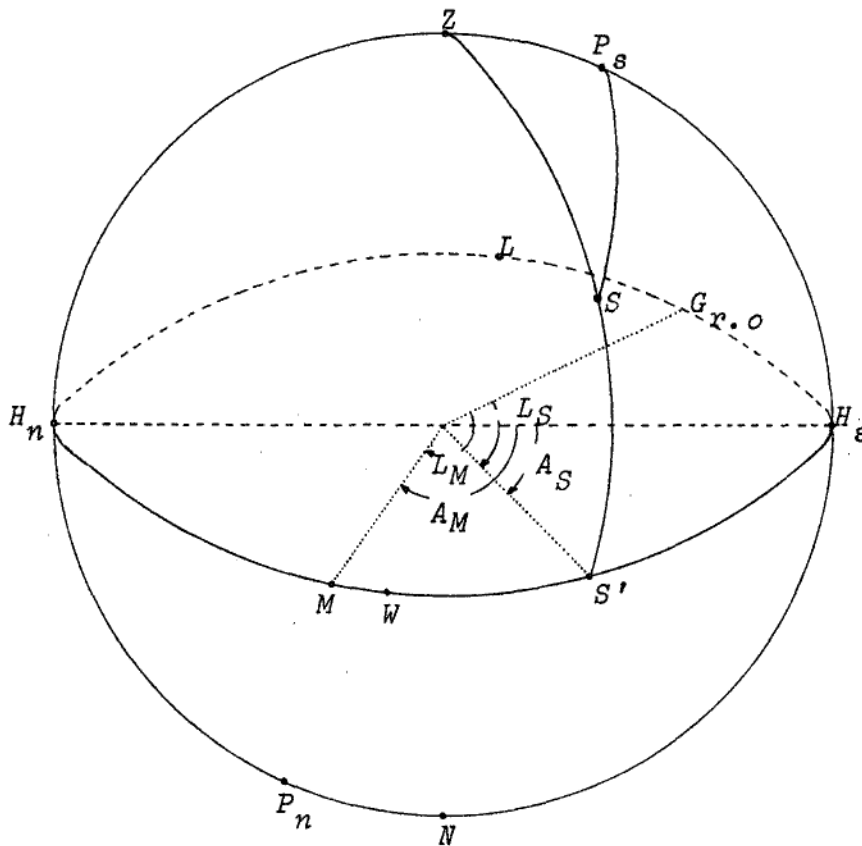


fig.: XIX

onde:

| | |
|--------------|--|
| A_M : | representa o azimute da mira; |
| L_M : | " a leitura horizontal da mira; |
| L_S : | " a leitura horizontal do Sol; |
| A_S : | " o azimute do Sol; |
| $G_{r.o.}$: | " a direção do zero da graduação do limbo horizontal do instrumento. |

Portanto, para obter o azimute da mira é necessário resolver a (6.2).

As leituras horizontais da mira e do Sol são determinadas a partir dos respectivos valores observados; para uma pontaria completa (PD e PI) as expressões seguintes - de (4.19) - fornecerão L_M e L_S :

$$L_M = \frac{D_H + I_H}{2} \pm 90^\circ \quad (6.3)$$

e

$$L_S = \frac{D'_H + I'_H}{2} \pm 90^\circ + C_{fh} \quad (6.4)$$

onde: D_H e D'_H : são as leituras horizontais de mira e do astro (valores fornecidos pelo instrumento) para uma visada em PD;

I_H e I'_H : mesmo significado anterior, porém, para uma visada em PI.

Para a (6.3) ou a (6.4) prevalecerá o sinal positivo quando $D_H > I_H$ ou $D'_H > I'_H$ e negativo em caso contrário.

C_{fh} : correção relativa ao erro de horizontalidade do eixo secundário (conforme expressão (4.19))

ADVERTÊNCIA: Verifica-se que a correção do semidiâmetro não é igual nas duas posições do instrumento. A distância zenital pode variar de 10 ou mais entre as observações nas duas posições e como s é proporcional a cosecante da distância zenital (conforme expressão (4.14)), para as leituras horizontais observadas (D'_H e I'_H), deve-se introduzir a correção relativa ao semidiâmetro do Sol (s_a) [9].

Então a (6.4) será reescrita sob a forma seguinte:

$$L_S = \frac{D'_H \pm s_a + I'_H \pm s'_a}{2} \pm 90^\circ + C_{fh} \quad (6.5)$$

Do triângulo de posição (fig. XIX) ou da relação (3.1) conclui-se que:

$$\cos A_S = \frac{\sin \varphi \cos z - \sin \delta}{\cos \varphi \sin z} \quad (6.6)$$

fórmula que permite calcular o azimute do Sol, obtendo o último elemento para resolver a (6.2). Pode-se empregar, também, a expressão logarítmica - fórmula dos marinheiros - deduzida diretamente da fórmula de Borda [5] :

$$tg^2 \frac{1}{2} A_S = \frac{\text{sen } (s - \varphi) \cos (s - z)}{\cos s \text{ sen } (s - \delta)} \quad (6.7)$$

onde: $s = \frac{1}{2} (\varphi + \delta + z)$ (6.8)

o duplo sinal da raiz fornecendo resultados positivos ou negativos para A_S , que corresponderão a observações de oeste ou de leste respectivamente.

Nas expressões (6.6), (6.7) e (6.8) o valor de φ é a latitude aproximada do lugar, que pode ser obtida de uma carta geográfica, por interpolação; δ é a declinação do sol para o lugar e o instante da observação, calculada pela fórmula seguinte [5] :

$$\delta = \delta_o + (H_L + F) \Delta \delta_o \quad (6.9)$$

onde: δ : é a declinação do Sol para o local e instante da observação;
 δ_o : é a declinação do Sol, fornecida pelo Anuário do Observatório Nacional a *Oh TU*;
 H_L : é a hora legal para o momento da observação; valor médio quando são feitas visadas em PD e PI;
 F : é a longitude do meridiano central do fuso;
 $\Delta \delta_o$: é a variação horária da declinação do Sol fornecida pelo Anuário do Observatório Nacional.

O valor de z é determinado a partir dos valores observados e introduzindo correções relativas a refração e paralaxe. Portanto:

$$z = z_o + R_a - p \pm s_a \quad (6.10)$$

sendo:

$$z_o = \frac{360^\circ + D_V - I_V}{2}$$

onde: z : é a distância zenital corrigida (relativa ao centro do Sol);
 z_o : é a distância zenital obtida em função das leituras D_V e I_V , do círculo vertical, visando-se o astro com a luneta nas posições direta e inversa, respectivamente;
 R_a : é a refração astronômica, calculada pela (4.8);
 p : é a paralaxe do Sol em altura, calculada pela (4.9).

s_a : correção relativa ao semidiâmetro do Sol.

OBSERVAÇÃO: Verificando-se o estabelecido em a), das observações do item 4.3, não será necessário introduzir a correção pertinente ao semidiâmetro

Resolvida a (6.2) pode-se calcular n valores para o azimuth da mira de acordo com os n valores observados e, empregando a expressão abaixo, o valor mais provável desta grandeza. Então:

$$A_{mm} = \frac{[A_m]}{n} \quad (6.11)$$

onde: A_{mm} : representa a média aritmética dos n valores calculados para azimuth da mira;
 $[A_m]$: representa a soma dos n valores calculados para azimuth da mira.

Finalmente o erro médio da média E_{mm} será calculado pela expressão[7]:

$$E_{mm} = \sqrt{\frac{[v v]}{n (n - 1)}} \quad (6.12)$$

sendo: $[vv]$: a soma dos quadrados dos resíduos em torno da média aritmética de n valores calculados para o azimuth da mira.

6.4 - Programa para cálculo do azimuth pelo IBM - 1130

A seguir é apresentada a listagem do programa, em FORTRAN IV, para cálculo dos valores finais de azimuth da mira pelo sistema IBM - 1130. O programa pode ser empregado para locais diferentes daquele para o qual é particularizado, isto é, torna-se necessária a substituição dos valores da latitude e fuso horário que por simplificação não entram na massa de dados, mas em cartão, como um comando dentro do programa.

```

*LIST SOURCE PROGRAM
*IOCS(CARD,1132 PRINTER)
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
C   DETERMINACAO DO MERIDIANO POR DISTANCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL
C   CARLOS ALBERTO BORBA SCHULER
DIMENSION V(100),V1(100),IVNUM(100),IVDIA(100),IVMES(100),IVANO(10
10)
RAD=3.141592654/180.
RD=RAD*90.
SRAD=RAD/3600.
1 READ(2,50)K
50 FORMAT(I4)
READ(2,2)N
2 FORMAT(I2)
IF(N)43,11,3
3 WRITE(3,4)
4 FORMAT(1H1,1X,'DETERMINACAO DO MERIDIANO POR DISTANCIAS ZENITAIS A
ABSOLUTAS DO SOL',/)
GO TO (5,7,9),N
5 WRITE(3,6)
6 FORMAT(13X,'VISADAS AO SOL COM O PRISMA SOLAR DE ROELOFS',/)
I=0
GO TO 11
7 WRITE(3,8)
8 FORMAT(19X,'VISADAS AO SOL COM OCULAR ESCURA',/)
I=0
GO TO 11
9 WRITE(3,10)
10 FORMAT(14X,'PROJECAO DA IMAGEM DO SOL SOBRE UM ANTEPARO',/)
I=0
11 WRITE(3,12)
12 FORMAT(4X,'NUM',5X,'DIA',3X,'MES',4X,'ANO',9X,'AZIMUTE DA MIRA',
17X,'RESID',/)
13 READ(2,15)NUM,MDG,MDM,XMDS,MIG,MIM,XMIS,IHDG,IHDM,HDS,IHIG,IHIM,HI
15,IVDG,IVDM,VDS,IVIG,IVIM,VIS,IDECG,IDECM,DECS,DDECS,IHORA,XMIN,TE
2MP,PRES,PARAH,IQUAD,MDIA,MES,MANO,MCOR,SCOR
15 FORMAT(16,5(I4,I3,F6.2),I4,I3,F6.2,I4,I3,2F6.2,I3,F6.2,F5.1,F6.1,F
16.2,I2,2I3,I5,I3,F5.1)
IF(NUM)33,33,16
16 I=I+1
IVNUM(I)=NUM
IVDIA(I)=MDIA
IVMES(I)=MES
IVANO(I)=MANO
XMD=(FLOAT(MDG)+FLOAT(MDM)/60.+XMDS/3600.)*RAD
XMI=(FLOAT(MIG)+FLOAT(MIM)/60.+XMIS/3600.)*RAD
HD=(FLOAT(IHDG)+FLOAT(IHDM)/60.+HDS/3600.)*RAD
HI=(FLOAT(IHIG)+FLOAT(IHIM)/60.+HIS/3600.)*RAD
VD=(FLOAT(IVDG)+FLOAT(IVDM)/60.+VDS/3600.)*RAD
V1=(FLOAT(IVIG)+FLOAT(IVIM)/60.+VIS/3600.)*RAD
XLAT=(-7.-56./60.-25./3600.)*RAD
DEC=(FLOAT(IDECG)+FLOAT(IDECM)/60.+DECS/3600.)*RAD
DDEC=DDECS*SRAD
HORA=(FLOAT(IHORA)+(XMIN/60.))
PARH=PARAH*SRAD
CSCVD=1./SIN(VD)
CSCVI=1./SIN(V1)
IF(CSCVI)160,160,161

```

```

160 CSCVI=ABS(CSCVI)
    GO TO 182
161 CSCVI=CSCVI
162 COR=(FLOAT(INCOR)/60.+SCOR/3600.)*RAD
    IF(XMD=XMI)17,17,18
17 XLM=.5*(XMD+XMI)-RD
    GO TO 19
18 XLM=.5*(XMD+XMI)+RD
C   CALCULO DA DISTANCIA ZENITAL OBSERVADA
19 ZO=.5*(360.*RAD+VD-VI)
C   CALCULO DA LEITURA HORIZONTAL DA ESTRELA
    IF(HD=HI)20,20,21
20 XLS=.5*(HD+COR*CSCVD+HI-COR*CSCVI)-RD
    GO TO 22
21 XLS=.5*(HD+COR*CSCVD+HI-COR*CSCVI)+RD
C   CALCULO DA REFRACAO
22 TZO=SIN(ZO)/COS(ZO)
    REF=(160.37*TZO-0.067*TZO**3)*PRES*RAD)/(760.*3600.*(1.+0.00018018
1*TEMP)*(1.+0.00367*TEMP))
C   CALCULO DA PARALAXE
    PAR=PARH*SIN(ZO)
C   CALCULO DA DISTANCIA ZENITAL CORRIGIDA
    Z=ZO+REF-PAR
C   ATUALIZACAO DA DECLINACAO
    DECA=DEC+(HORA+3)*DDEC
C   CALCULO DO AZIMUTE DA ESTRELA
    COAE=(SIN(XLAT)*COS(Z)-SIN(DECA))/(COS(XLAT)*SIN(Z))
    SEAE=SQRT(1.-COAE**2)
    AE=ATAN(ABS(SEAE/COAE))
    IF(IQUAD=2)23,24,25
23 AES=AE
    GO TO 28
24 AES=180.*RAD-AE
    GO TO 28
25 IF(IQUAD=3)26,26,27
26 AES=180.*RAD+AE
    GO TO 28
27 AES=360.*RAD-AE
C   CALCULO DO AZIMUTE DA MIRA
28 AM=XLM-XLS+AES
    AMG=AM/RAD
    IF(AMG=360.)30,30,29
29 AMG=AMG-360.
30 IF(AMG)31,31,32
31 AMG=360.+AMG
32 AZIMR=AMG*RAD
    V(I)=AZIMR
    GO TO 13
C   CALCULO DO AZIMUTE MEDIO DA MIRA
33 S=0.
    DO 34 L=K,I
    S=S+V(L)
34 CONTINUE
    AZIMM=S/(I+1-K)
C   CALCULO DAS VARIACOES DOS VALORES DO AZIMUTE DA MIRA EM TORNO DA M
C   EDIA E RESIDUOS
    DO 35 L1=K,I

```

```

      V1(L1)=AZMM-V(L1)
35 CONTINUE
C   CALCULO DO ERRO MEDIO DA MEDIA
      S1=0.
      DO 36 L1=K,I
      VV=V1(L1)*V1(L1)
      S1=S1+VV
36 CONTINUE
      EMM=SQRT(S1/((I-K+1)*(I-K)))
C   TRANSFORMACAO E IMPRESSAO DOS VALORES DO AZIMUTE DA MIRA E RESIDUO
C   S
      DO 38 J=K,I
      AMGRA=V(J)/RAD
      MAGRA=AMGRA
      AMIMI=(AMGRA-FLOAT(MAGRA))*60.
      MIAMI=AMIMI
      AMSEG=(AMIMI-FLOAT(MIAMI))*60.
      VARSE=(V1(J)/RAD)*3600.
      WRITE(3,37) IVNUM(J),IVDIA(J),IVMES(J),IVANO(J),MAGRA,MIAMI,AMSEG,V
1ARSE
37 FORMAT(I7,I8,I6,I7,I12,I6,F8.2,F12.2)
38 CONTINUE
C   TRANSFORMACAO E IMPRESSAO DO AZIMUTE MEDIO DA MIRA E DO ERRO MEDIO
C   DA MEDIA
      AMMG=AZMM/RAD
      MAMG=AMMG
      AMMM=(AMMG-FLOAT(MAMG))*60.
      MAMM=AMMM
      AMMS=(AMMM-FLOAT(MAMM))*60.
      EMMS=(EMM/RAD)*3600.
      WRITE(3,39) MAMG,MAMM,AMMS
39 FORMAT(///,11X,'AZIMUTE MEDIO DA MIRA =',I4,I6,F9.2)
      WRITE(3,41) EMMS
41 FORMAT(///,12X,'ERRO MEDIO DA MEDIA =',F8.2,///)
      GO TO 1
43 CALL EXIT
      END

```

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS
 EXTENDED PRECISION
 IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
 COMMON 0 VARIABLES 1220 PROGRAM 1370

END OF COMPILATION

6.5 - Técnica de observação direta do Sol utilizando o prisma solar de Roelofs

O prisma solar de Roelofs é um dispositivo adaptável a objetiva de um teodolito, constituído por dois prismas perpendiculares (fig XX) [11] convenientemente montados em um pequeno tubo, preso por uma charneira a um colar que se ajusta à objetiva; produz quatro imagens do Sol, as quais se recobrem parcialmente formando uma cruz mais brilhante. Na parte central dessa cruz forma-se um pequeno quadrado de reduzida iluminação, que pode ser enfocado exatamente no centro do retículo da luneta (fig. XXI) [11]. Neste momento a luneta estará apontando exatamente para o centro do Sol.

Esse acessório simplifica muito as observações solares pois, como ficou estabelecido no item 4.3, para medir a distância zenital ou o azimute do Sol, ou ambos simultaneamente, era necessário tangenciar sucessivamente os bordos de seu disco em posições simétricas para evitar ou atenuar a correção do semidiâmetro. As reduções ao centro solar são eliminadas e se simplificam muito as observações e os cálculos, obtendo-se simultaneamente um aumento da precisão já que o pequeno retângulo é muito mais fácil de enfocar, de seguir e de ajustar que os bordos do Sol. Existem filtros no prisma solar que produzem uma cor verde monocromática ao se visar o Sol.

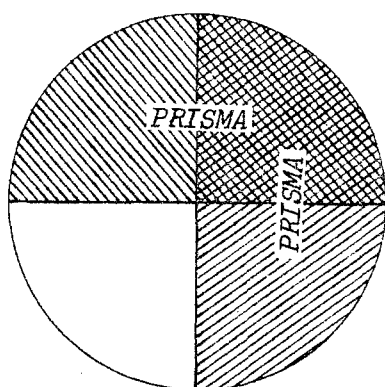


fig. XX

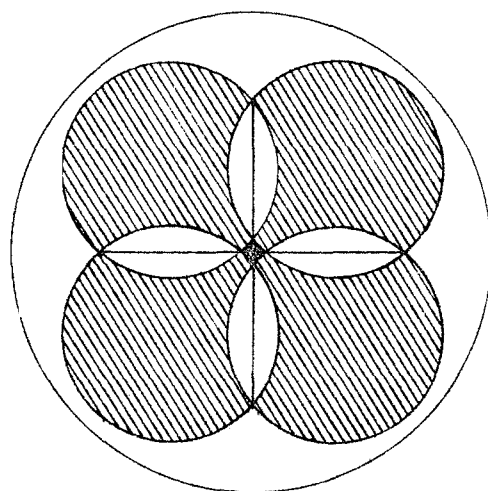


fig. XXI

Sendo o ângulo de refração dos prismas igual a $23'$ as medidas feitas com o prisma solar de Roelofs devem sofrer as seguintes correções [9] :

$$z_o = \mp 11' 30'' \quad (\text{ou} \quad h_o = \pm 11' 30'') \quad (6.13)$$

$$L_S = \pm 11' 30'' \operatorname{cosec} z_o = \pm 11' 30'' \sec h_o \quad (6.14)$$

o duplo sinal referindo-se às posições direta e inversa da luneta; é lógico que para uma pontaria completa anulam-se as correções a serem introduzidas pela (6.13).

6.5.1 - Sumário do processo operatório no campo

- a - Depois de centrar e nivelar o teodolito sobre o ponto-estação-instrumento, adapta-se o prisma solar à objetiva da luneta e visa-se a mira em PD e PI, levantando-se os prismas para possibilitar a visada; registram-se apenas as leituras do limbo horizontal nas duas pontarias;
- b - Baixa-se o tubo que contém os prismas e orienta-se a luneta para visada ao Sol em PD; a cruz brilhante, formada pelo recobrimento dos prismas, deve ter suas asas paralelas aos fios reticulares, o que se consegue girando o colar do dispositivo em torno da moldura da objetiva; feito isto ajustam-se os parafusos que fixam os movimentos horizontal e vertical do instrumento; em seguida enfocam-se o retículo e as imagens do Sol, atuando-se na ocular e no anel de focalização da luneta, respectivamente; face ao movimento ascendente (descendente) do Sol é fácil acompanhá-lo, atuando somente no parafuso diferencial do limbo horizontal, para fazer a coincidência do seu centro com o centro do retículo, isto acontecendo quando os fios reticulares forem justapostos às diagonais do quadrado que se forma no meio das quatro imagens do Sol;
- c - No instante da superposição anotam-se a hora legal e as leituras dos limbos horizontal e vertical (verificando a coincidência da bolha bipartida do nível do limbo vertical antes de sua leitura);
- d - Inverte-se a luneta do teodolito e visa-se novamente o Sol, repetindo as operações descritas em b e c; com isso completa-se uma medição;
- e - Refazer b, c e d tantas vezes quantas forem as repetições desejadas;

- f - Depois da última visada para o Sol (ou quando completar uma página da caderneta de campo) anotar as leituras do anemômetro e do termômetro, além do quadrante em que se encontra o Sol e a data da observação;
- g - Colimar, novamente, a mira em PD e PI, depois da última visada para o Sol, a fim de verificar a estabilidade do limbo horizontal.

OBS: - I) Sendo de luneta astronômica, o instrumento utilizado fornece uma imagem invertida e o seu movimento que é visto descendente a leste (ascendente a oeste) é, em realidade, ascendente (descendente).

II) A mira terrestre a ser visada deverá estar, de preferência, a uma distância superior a 1km para que a focalização do retículo seja a mesma quando se observar o Sol.

6.5.2 - Valores resultantes das observações de campo

A seguir são apresentadas as 12 cadernetas de campo preenchidas com os valores resultantes das observações diretas para o Sol, empregando o prisma solar de Roelofs adaptado à objetiva do teodolito WILD T-2; foram efetivadas 55 medições, permitindo o cálculo de igual número de valores de azimuth da mira.

OBS: O ponto-estação-instrumento foi estabelecido na Granja União que dista, aproximadamente, 2 km da BR-101, no município de Paratibe-PE, sendo utilizada, como mira, a lâmpada existente na torre da indústria de equipamentos eletrônicos HUBBELL HAVEY, situada no km 14 da BR-101 - Recife-João Pessoa - e a cerca de 3 km do ponto-estação-instrumento.

As coordenadas geográficas aproximadas do ponto-estação-instrumento foram obtidas, por interpolação, da folha de PAULISTA - PE, na escala de 1 : 25 000, sendo seus valores os seguintes:

latitude = 7° 56' 25,00" S e

longitude = 34° 54' 55,00" W. G.

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|--|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| | 0 | ' | " | " | " | |
| PD | 335 | 35 | 58,0 | 35 | 54,8 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 155 | 36 | 00,2 | 35 | 54,3 | |
| | | | | | | |
| PD | 335 | 35 | 56,40 | MÉDIAS | | |
| PI | 155 | 35 | 57,25 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 01 | PD | 158 | 01 | 37,5 | 060 | 48 | 04,5 | 15 | 12 | | |
| | PI | 337 | 54 | 17,6 | 298 | 22 | 12,8 | 15 | 15 | 15 | 13,50 |
| | PI | 337 | 49 | 46,1 | 297 | 47 | 42,8 | 15 | 18 | | |
| 02 | PD | 157 | 42 | 31,9 | 063 | 17 | 40,4 | 15 | 22 | 15 | 20,00 |
| | PD | 157 | 37 | 52,6 | 064 | 00 | 21,8 | 15 | 26 | | |
| 03 | PI | 337 | 27 | 54,0 | 295 | 06 | 07,3 | 15 | 29 | 15 | 27,50 |
| | PI | 337 | 25 | 40,5 | 294 | 40 | 42,1 | 15 | 31 | | |
| 04 | PD | 157 | 22 | 00,7 | 065 | 56 | 51,6 | 15 | 33 | 15 | 32,00 |
| | PD | 157 | 17 | 11,9 | 066 | 32 | 52,0 | 15 | 36 | | |
| 05 | PI | 337 | 09 | 45,7 | 292 | 35 | 14,4 | 15 | 39 | 15 | 37,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 05/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 68230.

PRESSÃO: 754,4/754,6 mm \Rightarrow 754,5 mm.

TEMPERATURA: 28,5 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.
Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|--|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CIRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 356 | 04 | 55,8 | 04 | 51,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 176 | 04 | 57,0 | 04 | 53,3 | |
| PD | 356 | 04 | 53,55 | MÉDIAS | | |
| PI | 176 | 04 | 55,15 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|--|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|-------------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 06 | PD | 353 | 47 | 43,6 | 022 | 43 | 08,6 | 09 | 37 | | |
| | PI | 172 | 39 | 53,2 | 340 | 05 | 40,6 | 09 | 47 | 09 | 42,00 |
| 07 | PI | 172 | 19 | 05,4 | 340 | 39 | 58,4 | 09 | 51 | | |
| | PD | 351 | 50 | 18,3 | 018 | 34 | 50,8 | 09 | 54 | 09 | 52,50 |
| 08 | PD | 351 | 36 | 27,6 | 018 | 00 | 09,2 | 09 | 57 | | |
| | PI | 170 | 19 | 57,4 | 344 | 08 | 32,3 | 10 | 03 | 10 | 00,00 |
| 09 | PI | 168 | 30 | 41,2 | 346 | 13 | 54,4 | 10 | 15 | | |
| | PD | 347 | 36 | 01,2 | 012 | 56 | 05,2 | 10 | 18 | 10 | 16,50 |
| 10 | PD | 347 | 13 | 28,8 | 012 | 38 | 20,4 | 10 | 20 | | |
| | PI | 166 | 08 | 49,1 | 348 | 33 | 23,0 | 10 | 25 | 10 | 22,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/10/1974.

LATITUDE: 7º 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 68230

PRESSÃO: 758,1/758,5 mm ⇒ 758,3 mm.

TEMPERATURA: 30,5 °C.

QUADRANTE: NE ⇒ 3

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMI DIÂMETRO: xxxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN)
Psicrômetro nº 400352; tipo 761
Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|--|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 356 | 04 | 55,8 | 04 | 51,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 176 | 04 | 57,0 | 04 | 53,3 | |
| PD | 356 | 04 | 53,55 | MÉDIAS | | |
| PI | 176 | 04 | 55,15 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 11 | PI | 018 | 12 | 18,8 | 351 | 23 | 02,3 | 11 | 40 | 11 | 42,50 |
| | PD | 195 | 39 | 31,3 | 009 | 48 | 21,0 | 11 | 45 | | |
| 12 | PD | 194 | 46 | 03,1 | 010 | 17 | 27,3 | 11 | 48 | 11 | 50,00 |
| | PI | 013 | 36 | 00,8 | 348 | 54 | 51,0 | 11 | 52 | | |
| 13 | PI | 012 | 35 | 26,4 | 348 | 04 | 36,1 | 11 | 55 | 11 | 57,00 |
| | PD | 191 | 11 | 56,5 | 013 | 02 | 09,0 | 11 | 59 | | |
| 14 | PD | 190 | 01 | 19,8 | 014 | 14 | 06,9 | 12 | 04 | 12 | 07,00 |
| | PI | 008 | 50 | 36,8 | 344 | 12 | 46,9 | 12 | 10 | | |
| 15 | PI | 007 | 55 | 36,5 | 342 | 42 | 00,1 | 12 | 15 | 12 | 17,50 |
| | PD | 187 | 18 | 59,0 | 018 | 10 | 06,0 | 12 | 20 | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 68230.

PRESSÃO: 757,7/758,1 mm \Rightarrow 757,9 mm.

TEMPERATURA: 34,0 °C.

QUADRANTE: NW \Rightarrow 2.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN)
Psicrômetro nº 400352; tipo 761,
Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| | ° | ' | " | " | " | |
| PD | 356 | 04 | 55,8 | 04 | 51,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 176 | 04 | 57,0 | 04 | 53,3 | |
| PD | 356 | 04 | 53,55 | MÉDIAS | | |
| PI | 176 | 04 | 55,15 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| | PD | 187 | 07 | 27,9 | 018 | 30 | 22,5 | 12 | 22 | | |
| 16 | PI | 006 | 48 | 09,9 | 340 | 44 | 26,5 | 12 | 25 | 12 | 23,50 |
| | PI | 006 | 38 | 26,3 | 340 | 24 | 16,1 | 12 | 27 | | |
| 17 | PD | 186 | 09 | 00,5 | 020 | 32 | 21,7 | 12 | 30 | 12 | 28,50 |
| | PD | 185 | 54 | 59,7 | 020 | 56 | 05,0 | 12 | 32 | | |
| 18 | PI | 005 | 03 | 24,7 | 336 | 46 | 49,5 | 12 | 41 | 12 | 36,50 |
| | PI | 004 | 40 | 46,1 | 335 | 32 | 22,4 | 12 | 45 | | |
| 19 | PD | 184 | 06 | 54,8 | 026 | 00 | 08,0 | 12 | 52 | 12 | 48,50 |
| | PD | 183 | 50 | 11,0 | 026 | 22 | 12,8 | 12 | 54 | | |
| 20 | PI | 002 | 27 | 12,7 | 327 | 26 | 47,2 | 13 | 14 | 13 | 04,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 68230.

PRESSÃO: 756,8/757,2 mm \Rightarrow 757,0 mm.

TEMPERATURA: 33,5 °C.

QUADRANTE: NW \Rightarrow 2.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 356 | 0 | 4 | 55,8 | 04 | 51,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 176 | 04 | 57,0 | 04 | 53,3 | | |
| PD | 356 | 04 | 53,55 | MÉDIAS | | | |
| PI | 176 | 04 | 55,15 | | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 21 | PI | 002 | 22 | 26,5 | 326 | 59 | 00,6 | 13 | 16 | | |
| | PD | 182 | 03 | 27,9 | 034 | 21 | 26,1 | 13 | 22 | 13 | 19,00 |
| | PD | 181 | 56 | 10,8 | 034 | 54 | 15,9 | 13 | 25 | | |
| 22 | PI | 001 | 43 | 26,4 | 323 | 50 | 49,8 | 13 | 27 | 13 | 26,00 |
| | PI | 001 | 37 | 11,9 | 323 | 08 | 43,8 | 13 | 30 | | |
| 23 | PD | 180 | 53 | 13,1 | 040 | 34 | 35,6 | 13 | 42 | 13 | 36,00 |
| | PD | 180 | 37 | 56,0 | 042 | 08 | 50,0 | 13 | 53 | | |
| 24 | PI | 000 | 05 | 41,6 | 314 | 16 | 20,8 | 14 | 12 | 14 | 02,50 |
| | PI | 359 | 57 | 55,4 | 313 | 17 | 46,8 | 14 | 16 | | |
| 25 | PD | 179 | 47 | 32,4 | 047 | 45 | 06,2 | 14 | 20 | 14 | 18,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 68230.

PRESSÃO: 756,1/756,5 mm \Rightarrow 756,3 mm.

TEMPERATURA: 32,5 °C.

QUADRANTE: NW \Rightarrow 2.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs. 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|---------|---|--|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 356 | 04 | 55,8 | 04 51,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. | |
| PI | 176 | 04 | 57,0 | 04 53,3 | | |
| PD | 356 | 04 | 53,55 | MÉDIAS | | |
| PI | 176 | 04 | 55,15 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| | PD | 179 | 31 | 03,7 | 049 | 34 | 24,6 | 14 | 26 | | |
| 26 | PI | 359 | 21 | 16,8 | 308 | 57 | 17,8 | 14 | 33 | 14 | 29,50 |
| | PI | 359 | 16 | 28,5 | 308 | 19 | 19,0 | 14 | 36 | | |
| 27 | PD | 179 | 07 | 38,3 | 052 | 24 | 55,7 | 14 | 39 | 14 | 37,50 |
| | PD | 179 | 00 | 58,8 | 053 | 12 | 13,9 | 14 | 42 | | |
| 28 | PI | 358 | 56 | 46,2 | 305 | 52 | 53,8 | 14 | 46 | 14 | 44,00 |
| | PI | 358 | 36 | 48,2 | 303 | 24 | 49,0 | 14 | 55 | | |
| 29 | PD | 178 | 26 | 41,4 | 057 | 40 | 39,5 | 15 | 00 | 14 | 57,50 |
| | PD | 178 | 20 | 54,4 | 058 | 25 | 49,8 | 15 | 04 | | |
| 30 | PI | 358 | 16 | 42,2 | 300 | 50 | 09,2 | 15 | 06 | 15 | 05,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 68230.

PRESSÃO: 755,4/756,2 mm \Rightarrow 755,8 mm.

TEMPERATURA: 30,5 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMI DIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.
Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 356 | 0 | 04 | 55,8 | 04 | 51,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 176 | | 04 | 57,0 | 04 | 53,3 | |
| PD | 356 | | 04 | 53,55 | MÉDIAS | | |
| PI | 176 | | 04 | 55,15 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 31 | PI | 358 | 12 | 28,9 | 300 | 12 | 43,7 | 15 | 09 | | |
| | PD | 178 | 03 | 32,4 | 060 | 39 | 44,2 | 15 | 12 | 15 | 10,50 |
| 32 | PD | 177 | 58 | 09,2 | 061 | 23 | 09,2 | 15 | 15 | | |
| | PI | 357 | 52 | 40,6 | 297 | 38 | 00,5 | 15 | 19 | 15 | 17,00 |
| 33 | PI | 357 | 47 | 47,4 | 297 | 00 | 06,8 | 15 | 22 | | |
| | PD | 177 | 37 | 40,9 | 064 | 09 | 53,8 | 15 | 26 | 15 | 24,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 68230.

PRESSÃO: 755,3/755,7 mm \Rightarrow 755,5 mm.

TEMPERATURA: 29,5 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,80".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 209 | 44 | 04,1 | 44 | 01,6 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 029 | 44 | 05,4 | 44 | 03,8 | |
| PD | 209 | 44 | 02,85 | MÉDIAS | | |
| PI | 029 | 44 | 04,60 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 34 | PI | 033 | 14 | 04,7 | 337 | 27 | 55,2 | 09 | 37 | | |
| | PD | 213 | 07 | 14,1 | 021 | 42 | 47,0 | 09 | 40 | 09 | 38,50 |
| 35 | PD | 213 | 04 | 59,5 | 021 | 14 | 01,8 | 09 | 42 | | |
| | PI | 033 | 07 | 31,8 | 339 | 30 | 34,0 | 09 | 46 | 09 | 44,00 |
| 36 | PI | 032 | 45 | 32,3 | 341 | 08 | 21,0 | 09 | 52 | | |
| | PD | 212 | 21 | 36,8 | 016 | 28 | 15,8 | 10 | 02 | 09 | 57,00 |
| 37 | PD | 212 | 18 | 33,9 | 016 | 09 | 25,0 | 10 | 04 | | |
| | PI | 032 | 12 | 28,5 | 344 | 48 | 54,0 | 10 | 08 | 10 | 06,00 |
| 38 | PI | 032 | 03 | 42,9 | 345 | 21 | 13,6 | 10 | 10 | | |
| | PD | 211 | 45 | 03,9 | 013 | 45 | 40,9 | 10 | 14 | 10 | 12,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.
DATA: 12/10/1974.
LATITUDE: 7º 56' 25,00" S.
TEODOLITO: Wild T - 2, nº 68230.
PRESSÃO: 758,5/759,1 mm ⇒ 758,8 mm.
TEMPERATURA: 34,5 °C.
QUADRANTE: NE ⇒ 3.
PARALAXE HORIZONTAL: 8,82".
SEMIDIÂMETRO: xxxxx
OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.
Prisma solar de Roelofs nº 1214.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 209 | 0 | 44 | 04,1 | 44 | 01,6 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 029 | | 44 | 05,4 | 44 | 03,8 | |
| PD | 209 | | 44 | 02,85 | MÉDIAS | | |
| PI | 029 | | 44 | 04,60 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| | PD | 211 | 40 | 35,6 | 013 | 17 | 44,8 | 10 | 16 | | |
| 39 | PI | 031 | 34 | 50,0 | 347 | 34 | 03,0 | 10 | 18 | 10 | 17,00 |
| | PI | 031 | 18 | 39,6 | 348 | 21 | 15,4 | 10 | 21 | | |
| 40 | PD | 210 | 56 | 59,9 | 010 | 57 | 07,0 | 10 | 25 | 10 | 23,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 12/10/1974.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 68230.

PRESSÃO: 758,3/758,7 mm \Rightarrow 758,5 mm.

TEMPERATURA: 35,5 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,82".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|-----|-------|--------|-------|-------------------------------------|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 096 ⁰ | 49' | 35,5" | 49' | 39,1" | MIRA: lâmpada da torre da indústria |
| PI | 276 | 49 | 34,7 | 49 | 36,5 | HUBBELL HAVEY |
| PD | 096 | 49 | 37,30 | MÉDIAS | | |
| PI | 276 | 49 | 35,60 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|----------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h min. |
| 41 | PD | 229 | 16 | 34,2 | 017 | 32 | 15,0 | 12 | 15 | |
| | PI | 051 | 08 | 30,7 | 341 | 55 | 55,1 | 12 | 20 | 12 17,50 |
| 42 | PI | 052 | 38 | 49,8 | 341 | 29 | 03,4 | 12 | 22 | |
| | PD | 234 | 56 | 47,3 | 019 | 20 | 34,3 | 12 | 27 | 12 24,50 |
| 43 | PD | 236 | 04 | 09,9 | 019 | 46 | 11,6 | 12 | 29 | |
| | PI | 057 | 40 | 12,1 | 339 | 33 | 19,8 | 12 | 32 | 12 30,50 |
| 44 | PI | 058 | 39 | 58,9 | 339 | 07 | 51,2 | 12 | 35 | |
| | PD | 240 | 37 | 06,5 | 021 | 50 | 43,4 | 12 | 40 | 12 37,50 |
| 45 | PD | 242 | 50 | 57,1 | 023 | 08 | 12,6 | 12 | 47 | |
| | PI | 064 | 43 | 00,3 | 335 | 38 | 56,0 | 12 | 53 | 12 50,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 14/01/1975

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984

PRESSÃO: 755,8/756,2 mm \Rightarrow 756,0 mm.

TEMPERATURA: 31,2 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,95".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN)
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.
Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | |
|----------------------|--------------------------|----|-------|---------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 198 | 25 | 44,1 | 25 46,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 018 | 25 | 45,3 | 25 46,9 | |
| PD | 198 | 25 | 45,20 | MÉDIAS | |
| PI | 018 | 25 | 46,10 | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| | PD | 202 | 37 | 52,0 | 059 | 18 | 35,1 | 07 | 33 | | |
| 46 | PI | 022 | 31 | 28,9 | 301 | 39 | 41,3 | 07 | 37 | 07 | 35,00 |
| | PI | 022 | 26 | 40,6 | 302 | 12 | 15,2 | 07 | 39 | | |
| 47 | PD | 202 | 16 | 24,5 | 056 | 38 | 42,4 | 07 | 44 | 07 | 41,50 |
| | PD | 202 | 07 | 43,9 | 055 | 35 | 09,4 | 07 | 48 | | |
| 48 | PI | 021 | 52 | 40,7 | 306 | 22 | 16,9 | 07 | 56 | 07 | 52,00 |
| | PI | 021 | 46 | 30,1 | 307 | 03 | 21,3 | 07 | 59 | | |
| * | PD | 201 | 34 | 51,3 | 051 | 45 | 08,8 | 08 | 04 | 08 | 01,50 |
| * | PD | 201 | 29 | 10,8 | 051 | 03 | 35,5 | 08 | 07 | | |
| 50 | PI | 021 | 11 | 43,3 | 311 | 02 | 01,9 | 08 | 15 | 08 | 11,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 09/03/1975

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 755,3/755,5 mm \Rightarrow 755,4 mm.

TEMPERATURA: 28,8 °C.

QUADRANTE: SE \Rightarrow 4 e *NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,86".

SEMIDIÂMETRO: xxxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|-----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 198 ⁰ | 25' | 44,1" | 25' | 46,3" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 018 | 25 | 45,3 | 25 | 46,9 | |
| PD | 198 | 25 | 45,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 018 | 25 | 46,10 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| | PI | 021 | 05 | 29,2 | 311 | 40 | 39,0 | 08 | 18 | | |
| 51 | PD | 200 | 49 | 40,2 | 046 | 48 | 18,9 | 08 | 24 | 08 | 21,00 |
| | PD | 200 | 44 | 52,8 | 046 | 11 | 40,8 | 08 | 27 | | |
| 52 | PI | 020 | 30 | 32,1 | 315 | 17 | 20,6 | 08 | 33 | 08 | 30,00 |
| | PI | 020 | 22 | 29,8 | 316 | 01 | 48,0 | 08 | 36 | | |
| 53 | PD | 200 | 00 | 43,2 | 041 | 52 | 44,1 | 08 | 43 | 08 | 39,50 |
| | PD | 199 | 52 | 51,1 | 041 | 04 | 28,2 | 08 | 46 | | |
| 54 | PI | 019 | 35 | 53,2 | 320 | 24 | 44,2 | 08 | 52 | 08 | 49,00 |
| | PI | 018 | 52 | 33,8 | 323 | 55 | 50,0 | 09 | 07 | | |
| 55 | PD | 198 | 41 | 40,8 | 035 | 10 | 47,0 | 09 | 12 | 09 | 09,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 09/03/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 755,8/756,2 mm ⇒ 756,0 mm.

TEMPERATURA: 29,8 °C.

QUADRANTE: NE ⇒ 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,86".

SEMIDIÂMETRO: xxxxx

OBSERV. Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.
Prisma solar de Roelofs nº 1214.

PD

PI

6.5.3 - Valores finais calculados

Com o emprego do programa do item 6.4 foram calculados os valores de azimuth da mira, por turno de observação e os pertinentes às 55 medições feitas, utilizando o prisma solar de Roelofs e listados pela impressora do IBM-1130, valores identificados pelo número correspondente e data em que foi feita a observação solar; no final de cada conjunto é apresentado o valor mais provável das medidas (média aritmética) e o erro médio da média, que permitirão a comparação com aqueles calculados pelas outras maneiras de observação.

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL
VISADAS AO SOL COM O PRISMA SOLAR DE ROELOFS

| NUM | DIA | MES | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|-------|
| 1 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 19.96 | 2.03 |
| 2 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 19.76 | 2.22 |
| 3 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.70 | 1.29 |
| 4 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 24.41 | -2.41 |
| 5 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 25.14 | -3.15 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.99

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.15

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|--------|
| 6 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.44 | 11.55 |
| 7 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 30.73 | -0.73 |
| 8 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 20 | 8.08 | 21.91 |
| 9 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 41.23 | -11.24 |
| 10 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 51.48 | -21.48 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 29.99

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 7.75

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|--------|
| 11 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 47.64 | -22.95 |
| 12 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 35.97 | -11.29 |
| 13 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 58.97 | -34.29 |
| 14 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 6.11 | 18.56 |
| 15 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 31.26 | -6.58 |
| 16 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 11.50 | 15.17 |
| 17 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 26.35 | -1.66 |
| 18 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 26.81 | -2.12 |
| 19 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 25.47 | -0.78 |
| 20 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 28.04 | 4.63 |
| 21 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.45 | 6.22 |
| 22 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 16.62 | 6.06 |
| 23 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.05 | 4.62 |
| 24 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.43 | 2.25 |
| 25 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 21.79 | 2.88 |

| | | | | | | | |
|----|---|----|------|-----|----|-------|------|
| 26 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 21.98 | 2.69 |
| 27 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.32 | 2.35 |
| 28 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 21.91 | 2.76 |
| 29 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.44 | 2.23 |
| 30 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.67 | 4.00 |
| 31 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.31 | 2.36 |
| 32 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.30 | 2.37 |
| 33 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.26 | 2.41 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 24.68

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 2.26

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 34 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.60 | 0.79 |
| 35 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 27.38 | -7.97 |
| 36 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.88 | 0.51 |
| 37 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 17.21 | 2.18 |
| 38 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 10.29 | 9.10 |
| 39 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 34.40 | -14.99 |
| 40 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 9.03 | 10.36 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 19.40

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 3.39

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 41 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 16.26 | 6.79 |
| 42 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 37.33 | -14.28 |
| 43 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 26.07 | -3.01 |
| 44 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 11.60 | 11.45 |
| 45 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.00 | -0.94 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 23.05

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 4.42

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|-------|
| 46 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 24.69 | -2.39 |
| 47 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 23.92 | -2.12 |
| 48 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 22.53 | -0.73 |
| 49 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 22.71 | -0.91 |
| 50 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 22.67 | -0.88 |
| 51 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 21.78 | 0.01 |
| 52 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 22.44 | -0.64 |
| 53 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 24.93 | -3.14 |
| 54 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 13.76 | 3.03 |
| 55 | 9 | 3 | 1973 | 266 | 30 | 13.52 | 8.27 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.79

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.07

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 1 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 19.96 | 3.60 |
| 2 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 19.76 | 3.80 |
| 3 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.70 | 2.86 |
| 4 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 24.41 | -0.84 |
| 5 | 5 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 25.14 | -1.57 |
| 6 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.44 | 5.12 |
| 7 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 30.73 | -7.16 |
| 8 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 8.08 | 15.48 |
| 9 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 41.23 | -17.66 |
| 10 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 51.48 | -27.91 |
| 11 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 47.64 | -24.07 |
| 12 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 35.97 | -12.40 |
| 13 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 58.97 | -35.40 |
| 14 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 6.11 | 17.45 |
| 15 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 31.26 | -7.69 |
| 16 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 11.50 | 12.06 |
| 17 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 26.35 | -2.77 |
| 18 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 26.81 | -3.24 |
| 19 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 25.47 | -1.90 |
| 20 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.04 | 3.52 |
| 21 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.45 | 5.11 |
| 22 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.62 | 4.94 |
| 23 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.05 | 3.51 |
| 24 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.43 | 1.13 |
| 25 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 21.79 | 1.77 |
| 26 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 21.98 | 1.58 |
| 27 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.32 | 1.24 |
| 28 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 21.91 | 1.65 |
| 29 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.44 | 1.12 |
| 30 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 20.67 | 2.89 |
| 31 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.31 | 1.25 |
| 32 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.30 | 1.26 |

| | | | | | | | |
|----|----|----|------|-----|----|-------|--------|
| 33 | 6 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 22.26 | 1.30 |
| 34 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.60 | 4.96 |
| 35 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 27.38 | -3.81 |
| 36 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 18.88 | 4.68 |
| 37 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 17.21 | 6.35 |
| 38 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 10.29 | 13.27 |
| 39 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 34.40 | -10.83 |
| 40 | 12 | 10 | 1974 | 266 | 30 | 9.03 | 14.53 |
| 41 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 16.26 | 7.30 |
| 42 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 37.33 | -13.76 |
| 43 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 26.07 | -2.50 |
| 44 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 11.60 | 11.96 |
| 45 | 14 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.00 | -0.43 |
| 46 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 24.69 | -1.12 |
| 47 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 23.92 | -0.35 |
| 48 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 22.53 | 1.03 |
| 49 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 22.71 | 0.85 |
| 50 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 22.67 | 0.89 |
| 51 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 21.78 | 1.78 |
| 52 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 22.44 | 1.12 |
| 53 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 24.93 | -1.36 |
| 54 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 18.76 | 4.80 |
| 55 | 9 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 13.52 | 10.04 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 23.56

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.92

6.6 - Técnica de observação direta do Sol utilizando um filtro (ou ocular escura).

Empregando um filtro escuro (preto ou azul escuro) , colocado sobre a ocular da luneta de um teodolito, pode-se fazer, diretamente, boas observações do disco aparente do Sol. Embora não seja uma maneira muito cômoda, pois o Sol incide diretamente sobre o rosto do operador, fato que também ocorre quando se emprega o prisma solar de Roelofs, é uma operação fácil de realizar, conseguindo-se visadas mais rápidas para o Sol e obtendo-se a tangência de seus bordos em menos tempo de que ao se usar um anteparo, como será descrito posteriormente.

Hã operadores que ao invés de usar o dispositivo adaptado à ocular, enegrecem esta peça da luneta com fumaça; é uma solução quando não se dispõe do filtro apropriado.

6.6.1 - Sumário do processo operatório no campo

- a - Depois de convenientemente instalado o teodolito sobre o ponto-estação-instrumento visa-se a mira em PD e PI (para correção de um possível erro de colimação), registrando-se as leituras do limbo horizontal;
- b - Adapta-se o dispositivo escuro à ocular e visa-se o Sol, inicialmente em PD; orientada a luneta para o astro, ajustam-se os parafusos de fixação dos limbos horizontal e vertical; operando-se na ocular enfoca-se o retículo até que se observe sua imagem perfeitamente delineada; em seguida, atua-se no anel de focalização da luneta para que o disco solar se apresente bem nítido; agindo-se no parafuso micrométrico do limbo horizontal acompanha-se o Sol até conseguir a tangência de dois dos seus bordos pelos fios do retículo. (fig. XXII);
- c - No momento da dupla tangência registram-se a hora legal e as leituras dos limbos horizontal e vertical (verificando a coincidência da bolha bipartida);
- d - Para evitar um possível erro de colimação e o resultante do zênite instrumental, visa-se novamente o Sol, porém, em posição inversa da luneta, repetindo as operações descritas em b e c; para atenuar o efeito da correção relativa ao semidiâmetro (item 4.3) procura-se visar os bordos opostos àqueles visados em PD (fig. XXIII);

- e - Refazer b, c e d tantas vezes quantas forem as repetições desejadas;
- f - Proceder como em f e g do item 6.5.1.

OBS: I) - Um croquis dos bordos visados deve ser feito, quer para a pontaria em PD, quer em PI; para facilitar os trabalhos de observação e cálculos procura-se visar os mesmos bordos, visados em PD e os opostos, visados em PI, desde o início até o final das observações; é recomendável visar o bordo inferior (ou superior) quando o Sol estiver a leste e o superior (ou inferior) a oeste, para uma pontaria em PD (ou PI) e os bordos esquerdo e direito, respectivamente, para as posições direta e inversa da luneta.

II) - Verificar o estabelecido em I) e II) das OBS. do item 6.5.1.

6.6.2 - Valores resultantes das observações de campo

As 12 cadernetas de campo subsequentes correspondem às 50 medições realizadas, por observações diretas ao Sol, empregando um filtro escuro, adaptado à ocular da luneta do teodolito Wild T-2, a fim de determinar a direção da mesma linha descrita na OBS. do item 6.5.2 ou, a direção do meridiano em relação àquela linha.

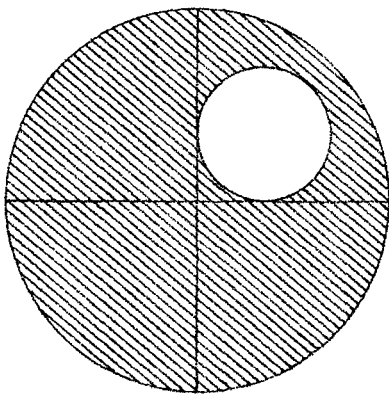


fig. XXII

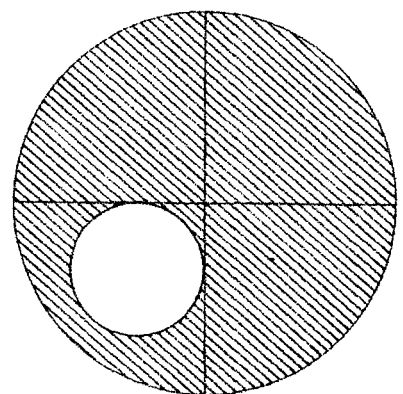


fig. XXIII

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 146 | 0 | 06 | 21,9" | 06" | 24,7" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 326 | | 06 | 22,3 | 06 | 26,5 | |
| PD | 146 | | 06 | 23,30 | MÉDIAS | | |
| PI | 326 | | 06 | 24,40 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 01 | PD | 308 | 29 | 28,7 | 047 | 08 | 58,8 | 14 | 38 | | |
| | PI | 128 | 30 | 01,6 | 310 | 56 | 36,0 | 14 | 46 | 14 | 42,00 |
| 02 | PI | 128 | 54 | 23,5 | 307 | 26 | 45,5 | 15 | 00 | | |
| | PD | 309 | 45 | 28,5 | 053 | 55 | 05,6 | 15 | 08 | 15 | 04,00 |
| 03 | PD | 309 | 53 | 11,1 | 054 | 54 | 41,9 | 15 | 12 | | |
| | PI | 129 | 18 | 19,6 | 303 | 43 | 33,1 | 15 | 16 | 15 | 14,00 |
| 04 | PI | 129 | 22 | 52,0 | 303 | 01 | 44,4 | 15 | 19 | | |
| | PD | 310 | 05 | 33,5 | 057 | 10 | 43,2 | 15 | 22 | 15 | 20,50 |
| 05 | PD | 310 | 07 | 03,4 | 057 | 47 | 54,5 | 15 | 24 | | |
| | PI | 129 | 34 | 27,9 | 300 | 51 | 35,2 | 15 | 27 | 15 | 25,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 16/01/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

NEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.

PRESSÃO: 755,1/755,5 mm \Rightarrow 755,3 mm.

TEMPERATURA: 30,5 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1

PAPALAXE HORIZONTAL: 8,95".

SEMIDIÂMETRO: 16' 17,1".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352, tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|-----|-------|--------|-------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 144 ⁰ | 52' | 17,5" | 52" | 19,3" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 324 | 52 | 18,3 | 52 | 21,1 | |
| PD | 144 | 52 | 18,40 | MÉDIAS | | |
| PI | 324 | 52 | 19,70 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | o | ' | " | o | ' | " | h | min. | h | min. |
| 06 | PD | 302 | 17 | 52,4 | 033 | 55 | 29,8 | 13 | 42 | | |
| | PI | 123 | 43 | 14,8 | 324 | 41 | 19,6 | 13 | 45 | 13 | 43,50 |
| 07 | PI | 123 | 59 | 01,1 | 324 | 08 | 58,0 | 13 | 48 | | |
| | PD | 303 | 28 | 13,3 | 036 | 12 | 26,9 | 13 | 52 | 13 | 50,00 |
| 08 | PD | 303 | 44 | 01,6 | 036 | 44 | 41,1 | 13 | 55 | | |
| | PI | 125 | 09 | 17,0 | 321 | 28 | 06,0 | 13 | 59 | 13 | 57,00 |
| 09 | PI | 125 | 20 | 43,1 | 320 | 59 | 07,0 | 14 | 02 | | |
| | PD | 304 | 53 | 58,0 | 039 | 37 | 27,1 | 14 | 06 | 14 | 04,00 |
| 10 | PD | 305 | 19 | 59,0 | 040 | 50 | 34,8 | 14 | 12 | | |
| | PI | 126 | 25 | 05,8 | 317 | 47 | 50,8 | 14 | 15 | 14 | 13,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 17/01/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 754,7/754,9 mm \Rightarrow 754,8 mm.

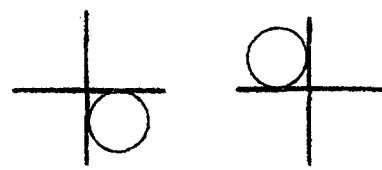
TEMPERATURA: 31,8 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,94".

SEMIDIÂMETRO: 16' 17,0".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352, tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|-----|-------|--------|-------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 144 ^o | 52' | 17,5" | 52" | 19,3" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 324 | 52 | 18,3 | 52 | 21,1 | |
| PD | 144 | 52 | 18,40 | MÉDIAS | | |
| PI | 324 | 52 | 19,70 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 11 | PI | 126 | 44 | 57,6 | 316 | 38 | 58,0 | 14 | 20 | | |
| | PD | 306 | 16 | 27,7 | 043 | 58 | 46,8 | 14 | 25 | 14 | 22,50 |
| 12 | PD | 306 | 26 | 48,9 | 044 | 39 | 06,8 | 14 | 29 | | |
| | PI | 127 | 25 | 27,8 | 313 | 55 | 30,1 | 14 | 33 | 14 | 31,00 |
| 13 | PI | 127 | 40 | 08,8 | 312 | 49 | 42,0 | 14 | 37 | | |
| | PD | 307 | 03 | 41,1 | 047 | 22 | 08,2 | 14 | 41 | 14 | 39,00 |
| 14 | PD | 307 | 10 | 40,4 | 047 | 56 | 38,9 | 14 | 43 | | |
| | PI | 128 | 09 | 35,2 | 310 | 11 | 33,3 | 14 | 48 | 14 | 45,50 |
| 15 | PI | 128 | 18 | 32,6 | 309 | 15 | 11,1 | 14 | 53 | | |
| | PD | 307 | 47 | 17,5 | 051 | 30 | 32,0 | 14 | 58 | 14 | 55,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 17/01/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984

PRESSÃO: 754,3/754,9 mm \Rightarrow 754,6 mm.

TEMPERATURA: 31,5 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1

PARALAXE HORIZONTAL: 8,94".

SEMIDIÂMETRO: 16' 17,00".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 144 | 52 | 17,5 | 52 | 19,3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 324 | 52 | 18,3 | 52 | 21,1 | |
| PD | 144 | 52 | 18,40 | MÉDIAS | | |
| PI | 324 | 52 | 19,70 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|-----------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | o | ' | " | o | ' | " | h | min. | h | min. |
| 16 | PD | 308 | 13 | 32,0 | 053 | 42 | 04,1 | 15 | 07 | | |
| | PI | 128 | 41 | 34,3 | 305 | 07 | 44,1 | 15 | 10 | 15 | 08,50 |
| 17 | PI | 128 | 46 | 12,1 | 304 | 34 | 47,4 | 15 | 13 | | |
| | PD | 308 | 24 | 50,0 | 055 | 37 | 20,2 | 15 | 16 | 15 | 14,50 |
| 18 | PD | 308 | 27 | 45,1 | 056 | 14 | 56,8 | 15 | 19 | | |
| | PI | 129 | 01 | 21,9 | 301 | 48 | 35,8 | 15 | 24 | 15 | 21,50 |
| 19 | PI | 129 | 03 | 51,8 | 301 | 20 | 03,2 | 15 | 27 | | |
| | PD | 308 | 39 | 06,8 | 058 | 47 | 15,0 | 15 | 30 | 15 | 28,50 |
| 20 | PD | 308 | 40 | 45,1 | 059 | 12 | 50,6 | 15 | 32 | | |
| | PI | 129 | 10 | 22,4 | 299 | 31 | 03,2 | 15 | 34 | 15 | 33,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 17/01/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.

PRESSÃO: 754,3/754,7 mm \Rightarrow 754,5 mm.

TEMPERATURA: 31,2 ° C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1

PARALAXE HORIZONTAL: 8,94".

SEMIDIÂMETRO: 16' 17,0".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | |
|----------------------|--------------------------|----|-------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 145 | 15 | 49,1" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 325 | 15 | 47,6" | |
| PD | 145 | 15 | 51,20 | MÉDIAS |
| PI | 325 | 15 | 49,50 | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|--|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|-------------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 21 | PD | 184 | 07 | 36,1 | 020 | 11 | 08,0 | 10 | 24 | | |
| | PI | 007 | 43 | 18,2 | 340 | 17 | 52,3 | 10 | 28 | 10 | 26,00 |
| 22 | PI | 009 | 16 | 19,0 | 340 | 59 | 55,6 | 10 | 33 | | |
| | PD | 188 | 51 | 24,9 | 017 | 53 | 44,2 | 10 | 36 | 10 | 34,50 |
| 23 | PD | 190 | 18 | 06,6 | 017 | 19 | 08,4 | 10 | 39 | | |
| | PI | 013 | 58 | 47,0 | 342 | 46 | 40,9 | 10 | 43 | 10 | 41,00 |
| 24 | PI | 015 | 34 | 19,0 | 343 | 16 | 29,0 | 10 | 46 | | |
| | PD | 195 | 35 | 28,0 | 015 | 36 | 03,2 | 10 | 49 | 10 | 47,50 |
| 25 | PD | 197 | 30 | 43,6 | 015 | 05 | 49,4 | 10 | 52 | | |
| | PI | 022 | 14 | 21,9 | 344 | 57 | 13,3 | 10 | 56 | 10 | 54,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 23/01/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 753,4/754,0 mm \Rightarrow 753,7 mm.

TEMPERATURA: 33,4 °C.

QUADRANTE: SE \Rightarrow 4.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,94"

SEMIDIÂMETRO: 16' 16,6".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|--|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 145 | 0 | 15 | 49.1 | 15 | 53.3 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 325 | | 15 | 47.6 | 15 | 51.4 | |
| PD | 145 | | 15 | 51.20 | MÉDIAS | | |
| PI | 325 | | 15 | 49.50 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 26 | PI | 026 | 25 | 11.4 | 345 | 44 | 44.2 | 11 | 02 | | |
| | PD | 207 | 24 | 12.7 | 013 | 11 | 04.9 | 11 | 06 | 11 | 04.00 |
| 27 | PD | 209 | 28 | 54.0 | 012 | 53 | 36.4 | 11 | 08 | | |
| | PI | 035 | 25 | 44.2 | 346 | 57 | 55.8 | 11 | 12 | 11 | 10.00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 23/01/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.

PRESSÃO: 753,3/753,7 mm \Rightarrow 753,5 mm.

TEMPERATURA: 33,2 °C.

QUADRANTE: SE \Rightarrow 4

PARALAXE HORIZONTAL: 8,94".

SEMIDIÂMETRO: 16' 16,6".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 165 | 23 | 16,3 | 23 | 16,7 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 345 | 23 | 17,2 | 23 | 18,6 | |
| FD | 165 | 23 | 16,50 | MÉDIAS | | |
| PI | 345 | 23 | 17,90 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|--|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|-------------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 28 | PD | 169 | 08 | 31,7 | 034 | 15 | 34,9 | 09 | 11 | | |
| | PI | 349 | 49 | 51,0 | 327 | 31 | 17,3 | 09 | 21 | 09 | 16,00 |
| 29 | PI | 349 | 43 | 28,0 | 328 | 23 | 53,9 | 09 | 24 | | |
| | PD | 168 | 33 | 34,0 | 030 | 09 | 22,0 | 09 | 27 | 09 | 25,50 |
| 30 | PI | 349 | 11 | 59,4 | 332 | 02 | 33,8 | 09 | 39 | | |
| | PD | 168 | 03 | 56,1 | 026 | 34 | 42,9 | 09 | 43 | 09 | 41,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 03/03/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 756,2/756,8 mm \Rightarrow 756,5 mm.

TEMPERATURA: 29,4 °C.

QUADRANTE: SE \Rightarrow 4 e *NE \Rightarrow 3

PARALAXE HORIZONTAL: 8,87".

SEMIDIÂMETRO: 16' 09,7".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|--|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 165 | 23 | 16,3 | 23 | 16,7 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 345 | 23 | 17,2 | 23 | 18,6 | |
| PD | 165 | 23 | 16,50 | MÉDIAS | | |
| PI | 345 | 23 | 17,90 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|--|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|-------------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 31 | PD | 165 | 43 | 27,2 | 016 | 48 | 51,0 | 10 | 22 | | |
| | PI | 347 | 24 | 39,0 | 343 | 16 | 58,9 | 10 | 25 | 10 | 23,50 |
| 32 | PI | 347 | 11 | 57,2 | 344 | 10 | 04,2 | 10 | 28 | | |
| | PD | 164 | 49 | 49,0 | 014 | 22 | 08,7 | 10 | 32 | 10 | 30,00 |
| 33 | PD | 164 | 23 | 19,5 | 013 | 23 | 13,0 | 10 | 36 | | |
| | PI | 346 | 26 | 41,9 | 346 | 48 | 54,8 | 10 | 39 | 10 | 37,50 |
| 34 | PI | 346 | 08 | 17,8 | 347 | 42 | 39,3 | 10 | 43 | | |
| | PD | 162 | 41 | 04,0 | 010 | 25 | 17,0 | 10 | 47 | 10 | 45,00 |
| 35 | PD | 157 | 58 | 51,8 | 006 | 18 | 13,1 | 11 | 05 | | |
| | PI | 341 | 37 | 31,4 | 354 | 01 | 15,0 | 11 | 08 | 11 | 06,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 03/03/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32982.

PRESSÃO: 756,0/756,6 mm \Rightarrow 756,3 mm.

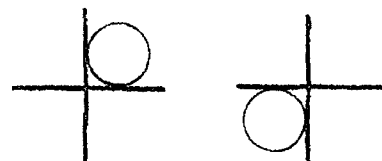
TEMPERATURA: 30,6 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,87".

SEMIDIÂMETRO: 16' 09,7".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|-----|-------|--------|-------|---|
| POS | LEITURAS DO CIRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 104 ⁰ | 33' | 07,5" | 33' | 04,9" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 284 | 33 | 06,1 | 33 | 03,5 | |
| PD | 104 | 33 | 06,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 284 | 33 | 04,80 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CIRC. HORIZONTAL | | | CIRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 36 | PD | 034 | 01 | 35,6 | 026 | 11 | 46,0 | 10 | 58 | | |
| | PI | 210 | 57 | 12,0 | 333 | 30 | 01,0 | 11 | 02 | 11 | 00,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 03/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,9/759,3 mm \Rightarrow 759,1 mm.

TEMPERATURA: 28,0 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3

PARALAXE HORIZONTAL: 8,67".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,2".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.

Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|---------|-------------------------------------|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES |
| | 0 | ' | " | " | |
| PD | 106 | 39 | 00,0 | 38 56,8 | MIRA: lâmpada da torre da indústria |
| PI | 286 | 38 | 59,8 | 38 57,2 | HUBBELL HAVEY. |
| PD | 106 | 38 | 58,40 | MÉDIAS | |
| PI | 286 | 38 | 58,50 | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 37 | PD | 086 | 22 | 34,3 | 061 | 13 | 36,2 | 07 | 38 | | |
| | PI | 265 | 21 | 46,1 | 299 | 14 | 55,4 | 07 | 42 | 07 | 40,00 |
| 38 | PI | 265 | 01 | 37,7 | 300 | 02 | 12,3 | 07 | 45 | | |
| | PD | 085 | 00 | 04,3 | 057 | 57 | 15,9 | 07 | 52 | 07 | 48,50 |
| 39 | PD | 084 | 39 | 40,1 | 057 | 11 | 29,7 | 07 | 56 | | |
| | PI | 263 | 44 | 30,3 | 302 | 53 | 29,0 | 07 | 59 | 07 | 57,50 |
| 40 | PI | 263 | 28 | 04,8 | 303 | 27 | 32,0 | 08 | 02 | | |
| | PD | 083 | 17 | 51,0 | 054 | 23 | 57,0 | 08 | 07 | 08 | 04,50 |
| 41 | PD | 082 | 56 | 08,9 | 053 | 42 | 32,8 | 08 | 11 | | |
| | PI | 261 | 49 | 51,2 | 306 | 36 | 14,4 | 08 | 15 | 08 | 13,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.

PRESSÃO: 757,8/758,0 mm \Rightarrow 757,9 mm.

TEMPERATURA: 25,2 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,68".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,5".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 106 | 0 | 39 | 00,0 | 38 | 56,8 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 286 | | 38 | 59,8 | 38 | 57,2 | |
| PD | 106 | | 38 | 58,40 | MÉDIAS | | |
| PI | 286 | | 38 | 58,50 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | o | ' | " | o | ' | " | h | min. | h | min. |
| 42 | PI | 261 | 04 | 39,0 | 307 | 53 | 01,3 | 08 | 21 | | |
| | PD | 081 | 08 | 59,0 | 050 | 34 | 13,0 | 08 | 26 | 08 | 23,50 |
| 43 | PD | 080 | 45 | 59,8 | 049 | 56 | 10,2 | 08 | 29 | | |
| | PI | 259 | 32 | 15,2 | 310 | 20 | 33,8 | 08 | 32 | 08 | 30,50 |
| 44 | PI | 258 | 56 | 22,9 | 311 | 12 | 15,2 | 08 | 36 | | |
| | PD | 079 | 12 | 07,7 | 047 | 35 | 55,2 | 08 | 39 | 08 | 37,50 |
| 45 | PI | 256 | 47 | 33,6 | 314 | 59 | 37,9 | 08 | 52 | | |
| | PD | 075 | 15 | 58,0 | 043 | 33 | 31,7 | 09 | 00 | 08 | 56,00 |
| 46 | PD | 074 | 10 | 45,0 | 042 | 23 | 03,6 | 09 | 05 | | |
| | PI | 254 | 12 | 29,0 | 317 | 51 | 03,4 | 09 | 08 | 09 | 06,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,0/758,4 mm \Rightarrow 758,2 mm.

TEMPERATURA: 25,5 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

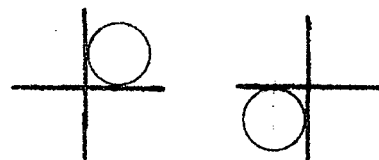
PARALAXE HORIZONTAL: 8,68".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,5".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.

Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-------|--------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 106 | 39 | 00.0 | 53 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 286 | 38 | 59.8 | 53 | |
| PD | 106 | 38 | 58,40 | MÉDIAS | |
| PI | 286 | 38 | 58,50 | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 47 | PI | 253 | 31 | 02,2 | 318 | 32 | 26,0 | 09 | 12 | | |
| | PD | 071 | 48 | 26,8 | 040 | 04 | 10,0 | 09 | 16 | 09 | 14,00 |
| 48 | PD | 071 | 15 | 29,9 | 039 | 34 | 49,0 | 09 | 19 | | |
| | PI | 251 | 13 | 31,7 | 320 | 37 | 24,4 | 09 | 23 | 09 | 21,00 |
| 49 | PI | 250 | 29 | 16,2 | 321 | 14 | 56,2 | 09 | 26 | | |
| | PD | 067 | 40 | 32,2 | 036 | 43 | 04,1 | 09 | 33 | 09 | 29,50 |
| 50 | PD | 061 | 54 | 21,2 | 033 | 09 | 26,5 | 09 | 54 | | |
| | PI | 241 | 39 | 54,8 | 326 | 55 | 24,9 | 09 | 58 | 09 | 56,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 06/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,4/758,8 mm \Rightarrow 758,6 mm.

TEMPERATURA: 26,0 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,68".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,5".

OBSERV. Ocular escura; dupla tangência.

Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).

Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

6.6.3 - Valores finais calculados

A seguir é apresentada a listagem dos valores de azimute da mira, por turno de trabalho, e dos 50 valores, correspondentes às 50 medições feitas empregando um filtro escuro, adaptado à ocular do WILD T-2; consta, também, o valor mais provável da grandeza procurada e o erro médio da média para cada conjunto calculado e, no final, para os 50 valores.

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL
VISADAS AO SOL COM OCULAR ESCURA

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|-------|
| 1 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.95 | -2.02 |
| 2 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.06 | 2.06 |
| 3 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.91 | 1.21 |
| 4 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.59 | -2.56 |
| 5 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.02 | 2.10 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 22.13

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.11

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|-------|
| 6 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 11.67 | 9.77 |
| 7 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.66 | -9.21 |
| 8 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 16.68 | 4.76 |
| 9 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 25.74 | -4.29 |
| 10 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 17.91 | 3.59 |
| 11 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 18.88 | 2.56 |
| 12 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.66 | -2.21 |
| 13 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 19.18 | 2.26 |
| 14 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.31 | -1.86 |
| 15 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.84 | -2.39 |
| 16 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 19.43 | 2.01 |
| 17 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 22.94 | -1.49 |
| 18 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 19.89 | 1.55 |
| 19 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.60 | -2.35 |
| 20 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.10 | -2.65 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.45

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.15

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|--------|
| 21 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 34.32 | -10.01 |
| 22 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 34.62 | -8.32 |
| 23 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 37.76 | -11.46 |
| 24 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 45.41 | -19.11 |
| 25 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 11.52 | 14.78 |

| | | | | | | | |
|----|----|---|------|-----|----|-------|-------|
| 26 | 25 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 10.56 | 15.74 |
| 27 | 25 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 7.91 | 16.28 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 26.30

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 5.91

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 28 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 24.69 | -12.05 |
| 29 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 23.21 | -11.58 |
| 30 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 10.10 | 1.52 |
| 31 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 8.92 | 3.30 |
| 32 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 9.52 | 2.11 |
| 33 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 5.95 | 5.67 |
| 34 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 4.62 | 7.00 |
| 35 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 6.61 | 5.01 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 11.63

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 2.76

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|-------|
| 36 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 26.03 | 0.00 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 26.03

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 0.00

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|-------|
| 37 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 17.65 | 3.98 |
| 38 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 23.20 | -1.56 |
| 39 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 22.98 | -1.34 |
| 40 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.64 | -0.00 |
| 41 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 24.00 | -2.36 |
| 42 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.79 | -0.15 |

| | | | | | | | |
|----|---|---|------|-----|----|-------|--------|
| 43 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.86 | 0.27 |
| 44 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.43 | 1.20 |
| 45 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.28 | 2.35 |
| 46 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.89 | 0.73 |
| 47 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.31 | 0.31 |
| 48 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 24.18 | -2.54 |
| 49 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 26.53 | -16.90 |
| 50 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 3.63 | 15.40 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.63

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.78

| UM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 1 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.95 | -4.15 |
| 2 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.06 | 0.69 |
| 3 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.91 | -0.15 |
| 4 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.69 | -3.93 |
| 5 | 16 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 20.02 | 0.74 |
| 6 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 11.67 | 9.09 |
| 7 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 30.66 | -9.89 |
| 8 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 16.68 | 4.07 |
| 9 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 25.74 | -4.98 |
| 10 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 17.91 | 2.84 |
| 11 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 18.88 | 1.88 |
| 12 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.66 | -2.89 |
| 13 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 19.18 | 1.57 |
| 14 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 29.31 | -2.55 |
| 15 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.04 | -3.07 |
| 16 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 19.43 | 1.32 |
| 17 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 22.94 | -2.18 |
| 18 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 19.89 | 0.86 |
| 19 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 23.80 | -3.03 |
| 20 | 17 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 24.10 | -3.33 |
| 21 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 36.32 | -15.55 |
| 22 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 34.62 | -13.86 |
| 23 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 37.76 | -17.00 |
| 24 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 45.41 | -24.64 |
| 25 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 11.52 | 9.24 |
| 26 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 10.86 | 10.20 |
| 27 | 23 | 1 | 1975 | 266 | 30 | 7.91 | 12.84 |
| 28 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 24.69 | -3.92 |
| 29 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 23.21 | -2.45 |
| 30 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 10.10 | 10.65 |
| 31 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 8.32 | 12.43 |
| 32 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 9.52 | 11.24 |
| 33 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 5.95 | 14.81 |
| 34 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 4.62 | 16.13 |
| 35 | 3 | 3 | 1975 | 266 | 30 | 6.61 | 14.15 |
| 36 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 26.02 | -5.26 |
| 37 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 17.65 | 3.11 |

| | | | | | | | |
|----|---|---|------|-----|----|-------|--------|
| 38 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 23.20 | -2.43 |
| 39 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 22.98 | -2.21 |
| 40 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.84 | -0.87 |
| 41 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 24.00 | -2.23 |
| 42 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.79 | -1.02 |
| 43 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.36 | -0.33 |
| 44 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.43 | 0.33 |
| 45 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.28 | 1.48 |
| 46 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.89 | -0.12 |
| 47 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 21.31 | -0.53 |
| 48 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 24.10 | -3.41 |
| 49 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 53.53 | -17.77 |
| 50 | 6 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 5.63 | 15.12 |

AZINUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 20.76

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.23

6.7 - Técnica de observação indireta do Sol por projeção

Uma maneira de se fazer observações ao Sol, indiretamente e de modo cômodo, é projetando sua imagem sobre um anteparo não transparente (papel ou cartão) de cor branca, colocado a cerca de 15 cm a 20 cm da ocular da luneta de um teodolito, obtendo-se uma imagem nítida do disco solar e do retículo do instrumento.

Deve-se manter o anteparo, de preferência, perpendicular ao eixo de colimação do teodolito, quando se observar a imagem do disco aparente do Sol perfeitamente circular.

A grande vantagem desta técnica de observação solar é a não incidência direta do Sol sobre o rosto do operador, tornando, portanto, o trabalho menos cansativo que ao se empregar as duas maneiras de observação citadas anteriormente; exige, entretanto, que o observador mantenha sempre uma das mãos ocupadas com o anteparo.

6.7.1 - Sumário do processo operatório no campo

- a - Proceder como em a do item 6.6.1;
 - b - Visar o Sol em PD; a fim de orientar a luneta para o Sol deve-se movê-la até ocorrer a superposição das sombras da alça e massa de mira sobre o anteparo, verificando-se, também, o aparecimento da imagem do disco solar; ajustam-se os parafusos de fixação dos limbos horizontal e vertical; operando-se na ocular enfoca-se a imagem do retículo sobre o anteparo até que seus fios fiquem sem sombras; enfoca-se, depois, a imagem do Sol até se observar seu disco bem nítido; atuando-se no parafuso diferencial do limbo horizontal procura-se a dupla tangência dos bordos do disco solar pelos fios reticulares;
 - c - Proceder como em c do item 6.6.1;
 - d - Inverter a luneta e proceder como em b e c, visando os bordos opostos àqueles visados em PD;
 - e - Refazer b, c e d tantas vezes quantas forem as repetições desejadas;
 - f - Proceder como em f e g do item 6.5.1.
- OBS: 1) Note-se que a projeção reinverte a imagem do Sol, resultando, portanto, uma imagem direta, tornando ascendente (descendente) o movimento que é visto descendente (ascendente) quan

do se visa o astro diretamente. A projeção mostra, portanto, o movimento real do Sol.

II) Verificar o estabelecido em II) e I) das observações dos itens 6.5.1 e 6.6.1, respectivamente.

6.7.2 - Valores resultantes das observações de campo

As páginas seguintes correspondem às 12 cadernetas de campo pertinentes aos 49 valores obtidos, indiretamente, por projeção do Sol, os quais permitirão o cálculo de igual número de valores para azimute da mira ou do ângulo formado, no plano do horizonte, pelo meridiano e pelo vertical que contém o ponto-estação-instrumento e a mira terrestre, pontos já estabelecidos na observação do item 6.5.2.

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 156 | 43 | 10,8 | 43 | 11,6 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 336 | 43 | 11,3 | 43 | 12,9 | |
| PD | 156 | 43 | 11,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 336 | 43 | 12,10 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | o | ' | " | o | ' | " | h | min. | h | min. |
| 01 | PD | 167 | 29 | 56,6 | 019 | 14 | 14,0 | 10 | 19 | | |
| | PI | 345 | 40 | 17,5 | 341 | 27 | 28,1 | 10 | 22 | 10 | 20,50 |
| 02 | PI | 345 | 48 | 22,1 | 342 | 16 | 10,2 | 10 | 26 | | |
| | PD | 168 | 18 | 34,8 | 014 | 58 | 06,2 | 10 | 32 | 10 | 29,00 |
| 03 | PD | 168 | 55 | 56,1 | 014 | 03 | 52,7 | 10 | 38 | | |
| | PI | 347 | 09 | 35,0 | 346 | 38 | 21,0 | 10 | 43 | 10 | 40,50 |
| 04 | PI | 347 | 22 | 53,9 | 347 | 37 | 43,3 | 10 | 46 | | |
| | PD | 170 | 39 | 50,8 | 010 | 48 | 07,9 | 10 | 52 | 10 | 49,50 |
| 05 | PI | 350 | 11 | 48,0 | 352 | 01 | 49,2 | 11 | 06 | | |
| | PD | 177 | 20 | 15,1 | 005 | 59 | 36,9 | 11 | 11 | 11 | 08,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 24/02/1975.

LATITUDE: 70 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.

PRESSÃO: 755,8/756,2 mm \Rightarrow 756,0 mm.

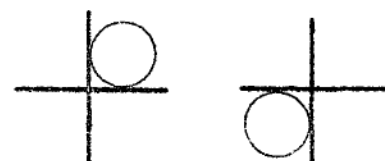
TEMPERATURA: 32,2 °C.

QUADRANTE: SE \Rightarrow 4.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,89".

SEMIDIÂMETRO: 16' 11,4".

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400 352; tipo 761.



PD

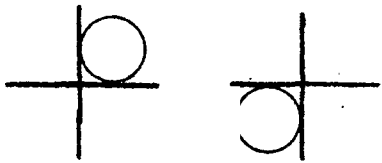
PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|-----|-------|--------|-------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 156 ⁰ | 43' | 10,8" | 43" | 11,6" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 336 | 43 | 11,3 | 43 | 12,9 | |
| PD | 156 | 43 | 11,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 336 | 43 | 12,10 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|--|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|-------------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 06 | PD | 180 | 32 | 55,0 | 005 | 15 | 12,8 | 11 | 14 | | |
| | PI | 357 | 28 | 47,8 | 355 | 01 | 01,3 | 11 | 17 | 11 | 15,50 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.
DATA: 24/02/1975.
LATITUDE: 7º 56' 25,00" S.
TEODOLITO: Wild T - 2, nº 32984.
PRESSÃO: 755,8/756,2 mm ⇒ 756,0 mm.
TEMPERATURA: 32,4 OC.
QUADRANTE: SE ⇒ 4.
PARALAXE HORIZONTAL: 8,89".
SEMIDIÂMETRO: 16' 11,4".
OBSERV. Projecção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 161 | 0 | 53 | 53,6 | 53 | 52,8 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 341 | | 53 | 55,4 | 53 | 53,4 | |
| PD | 161 | | 53 | 53,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 341 | | 53 | 54,40 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 07 | PD | 340 | 16 | 19,1 | 044 | 17 | 07,8 | 14 | 36 | | |
| | PI | 159 | 26 | 13,1 | 313 | 52 | 18,7 | 14 | 41 | 14 | 38,50 |
| 08 | PI | 159 | 25 | 17,0 | 312 | 58 | 34,9 | 14 | 45 | | |
| | PD | 340 | 07 | 12,4 | 047 | 32 | 16,7 | 14 | 49 | 14 | 47,00 |
| 09 | PD | 340 | 03 | 48,3 | 048 | 17 | 12,2 | 14 | 53 | | |
| | PI | 159 | 16 | 36,9 | 310 | 01 | 38,0 | 14 | 57 | 14 | 55,00 |
| 10 | PI | 159 | 15 | 50,5 | 309 | 25 | 53,4 | 15 | 00 | | |
| | PD | 339 | 54 | 12,0 | 051 | 05 | 00,4 | 15 | 04 | 15 | 02,00 |
| 11 | PD | 339 | 51 | 05,8 | 051 | 43 | 57,6 | 15 | 07 | | |
| | PI | 159 | 06 | 44,3 | 306 | 38 | 45,0 | 15 | 11 | 15 | 09,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 24/02/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 754,2/754,6 mm \Rightarrow 754,4 mm.

TEMPERATURA: 33,4 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,89".

SEMIDIÂMETRO: 16' 11,4".

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 161 | 53 | 53,6 | 53 | 52,8 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 341 | 53 | 55,4 | 53 | 53,4 | |
| PD | 161 | 53 | 53,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 341 | 53 | 54,40 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | o | ' | " | o | ' | " | h | min. | h | min. |
| 12 | PI | 158 | 55 | 28,1 | 302 | 43 | 04,8 | 15 | 23 | | |
| | PD | 339 | 24 | 50,4 | 057 | 34 | 51,8 | 15 | 30 | 15 | 26,50 |
| 13 | PD | 339 | 17 | 49,7 | 058 | 15 | 36,0 | 15 | 33 | | |
| | PI | 158 | 49 | 05,3 | 300 | 23 | 07,0 | 15 | 36 | 15 | 34,50 |
| 14 | PI | 158 | 45 | 09,4 | 299 | 44 | 17,1 | 15 | 39 | | |
| | PD | 339 | 10 | 14,3 | 060 | 17 | 23,8 | 15 | 42 | 15 | 40,50 |
| 15 | PD | 339 | 07 | 59,0 | 060 | 48 | 51,0 | 15 | 44 | | |
| | PI | 158 | 36 | 33,3 | 297 | 52 | 35,4 | 15 | 46 | 15 | 45,00 |
| 16 | PI | 158 | 32 | 52,6 | 297 | 14 | 00,0 | 15 | 49 | | |
| | PD | 338 | 58 | 42,9 | 062 | 55 | 03,8 | 15 | 52 | 15 | 51,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 24/02/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 754,0/754,4 mm \Rightarrow 754,2 mm.

TEMPERATURA: 31,5 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,89".

SEMIDIÂMETRO: 16' 11,4".

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|--|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 161 | 0 | 53 | 53,6 | 53 | 52,8 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 341 | | 53 | 55,4 | 53 | 53,4 | |
| PD | 161 | | 53 | 53,20 | MÉDIAS | | |
| PI | 341 | | 53 | 54,40 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 17 | PD | 338 | 53 | 16,9 | 064 | 03 | 34,7 | 15 | 56 | | |
| | PI | 158 | 20 | 00,3 | 294 | 41 | 30,3 | 15 | 59 | 15 | 57,50 |
| 18 | PI | 158 | 17 | 20,8 | 294 | 09 | 39,8 | 16 | 02 | | |
| | PD | 338 | 43 | 48,6 | 066 | 01 | 31,3 | 16 | 04 | 16 | 03,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 24/02/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 753,9/754,3 mm \Rightarrow 754,1 mm.

TEMPERATURA: 30,7 °C.

QUADRANTE: SW \Rightarrow 1.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,89".

SEMIDIÂMETRO: 16' 11,4".

OBSERV. Projecção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nº 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 037 | 01 | 49.8 | 01 | 51.4 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 217 | 01 | 51.9 | 01 | 52.9 | |
| PD | 037 | 01 | 50.60 | MÉDIAS | | |
| PI | 217 | 01 | 52.40 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | o | ' | " | o | ' | " | h | min. | h | min. |
| 19 | PD | 000 | 52 | 06.4 | 043 | 16 | 47.0 | 09 | 09 | | |
| | PI | 180 | 46 | 40.4 | 318 | 05 | 39.2 | 09 | 14 | 09 | 11.50 |
| 20 | PI | 180 | 00 | 55.5 | 318 | 44 | 36.2 | 09 | 18 | | |
| | PD | 358 | 26 | 00.7 | 041 | 07 | 13.8 | 09 | 22 | 09 | 20.00 |
| 21 | PD | 358 | 10 | 31.4 | 040 | 39 | 35.7 | 09 | 24 | | |
| | PI | 177 | 38 | 47.0 | 320 | 25 | 21.5 | 09 | 27 | 09 | 25.50 |
| 22 | PI | 173 | 19 | 44.0 | 323 | 02 | 49.3 | 09 | 42 | | |
| | PD | 352 | 31 | 05.6 | 036 | 28 | 04.3 | 09 | 47 | 09 | 44.50 |
| 23 | PD | 351 | 27 | 19.0 | 035 | 51 | 58.1 | 09 | 52 | | |
| | PI | 169 | 01 | 14.4 | 325 | 26 | 59.9 | 09 | 56 | 09 | 54.00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 28/07/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSAO: 758,6/759,0 mm \Rightarrow 758,8 mm.

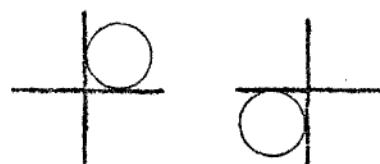
TEMPERATURA: 27,8 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALÁXE HORIZONTAL: 8,67".

SEMIDIÂMETRO: 15' 46,5"

OBSERV. Projção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nº 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 037 | 01 | 49,8 | 01 | 51,4 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 217 | 01 | 51,9 | 01 | 52,9 | |
| PD | 037 | 01 | 50,60 | MÉDIAS | | |
| PI | 217 | 01 | 52,40 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 24 | PI | 166 | 20 | 39,1 | 326 | 40 | 56,4 | 10 | 04 | | |
| | PD | 345 | 18 | 24,0 | 032 | 59 | 19,6 | 10 | 09 | 10 | 06,50 |
| 25 | PD | 344 | 22 | 55,8 | 032 | 37 | 58,3 | 10 | 12 | | |
| | PI | 162 | 10 | 23,0 | 328 | 19 | 23,3 | 10 | 16 | 10 | 14,00 |
| 26 | PI | 155 | 43 | 13,4 | 330 | 16 | 59,0 | 10 | 32 | | |
| | PD | 334 | 08 | 38,9 | 029 | 36 | 43,0 | 10 | 38 | 10 | 35,00 |
| 27 | PD | 332 | 45 | 10,3 | 029 | 18 | 19,1 | 10 | 42 | | |
| | PI | 149 | 29 | 40,7 | 331 | 36 | 46,3 | 10 | 46 | 10 | 44,00 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 28/07/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,2/758,6 mm \Rightarrow 758,4 mm

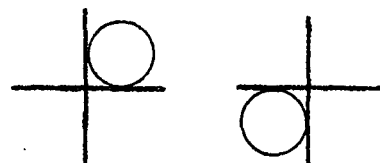
TEMPERATURA: 28,6 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,67".

SEMIDIÂMETRO: 15' 46,5"

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|----|-------|--------|-------------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES | |
| PD | 040 | 0 | 22 | 34,3" | 22 | 38,9" | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 220 | | 22 | 36,6 | 22 | 38,4 | |
| PD | 040 | | 22 | 36,60 | MÉDIAS | | |
| PI | 220 | | 22 | 37,50 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 28 | PD | 355 | 31 | 48,2 | 034 | 35 | 19,1 | 09 | 54 | | |
| | PI | 173 | 14 | 44,8 | 326 | 37 | 29,1 | 09 | 58 | 09 | 56,00 |
| 29 | PI | 172 | 25 | 04,7 | 327 | 00 | 50,2 | 10 | 01 | | |
| | PD | 351 | 52 | 16,0 | 032 | 48 | 28,4 | 10 | 05 | 10 | 03,00 |
| 30 | PD | 350 | 52 | 19,8 | 032 | 22 | 22,2 | 10 | 08 | | |
| | PI | 168 | 37 | 44,8 | 328 | 39 | 00,9 | 10 | 11 | 10 | 09,50 |
| 31 | PI | 167 | 35 | 51,1 | 329 | 02 | 21,5 | 10 | 14 | | |
| | PD | 347 | 10 | 50,8 | 030 | 57 | 16,8 | 10 | 18 | 10 | 16,00 |
| 32 | PD | 346 | 10 | 42,4 | 030 | 36 | 09,5 | 10 | 21 | | |
| | PI | 163 | 27 | 53,0 | 330 | 26 | 21,8 | 10 | 25 | 10 | 23,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 02/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,6/758,8 mm \Rightarrow 758,7 mm.

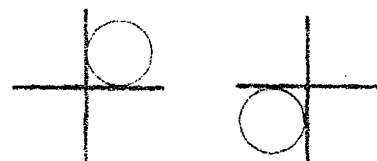
TEMPERATURA: 26,8 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,67".

SÊMIDIÂMETRO: 15' 47,0".

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400352; tipo 761.



PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 040 | 22 | 34,3 | 22 | 38,9 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 220 | 22 | 36,6 | 22 | 38,4 | |
| PD | 040 | 22 | 36,60 | MÉDIAS | | |
| PI | 220 | 22 | 37,50 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 33 | PI | 162 | 26 | 18,2 | 330 | 44 | 05,1 | 10 | 28 | | |
| | PD | 341 | 56 | 54,5 | 029 | 20 | 25,5 | 10 | 32 | 10 | 30,00 |
| 34 | PD | 340 | 53 | 24,9 | 029 | 03 | 49,8 | 10 | 34 | | |
| | PI | 158 | 10 | 46,2 | 331 | 50 | 33,8 | 10 | 37 | 10 | 35,50 |
| 35 | PI | 155 | 34 | 38,4 | 332 | 24 | 13,0 | 10 | 43 | | |
| | PD | 334 | 40 | 51,8 | 027 | 43 | 56,8 | 10 | 47 | 10 | 45,00 |
| 36 | PD | 332 | 33 | 38,8 | 027 | 22 | 33,0 | 10 | 52 | | |
| | PI | 149 | 52 | 57,0 | 333 | 22 | 08,0 | 10 | 54 | 10 | 53,00 |
| 37 | PI | 148 | 30 | 39,5 | 333 | 33 | 01,0 | 10 | 57 | | |
| | PD | 327 | 27 | 24,3 | 026 | 42 | 00,0 | 11 | 01 | 10 | 59,00 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 02/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,6/758,8 mm \Rightarrow 758,7 mm.

TEMPERATURA: 27,8 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,67".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,0".

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400.352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|---|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 064 | 24 | 10,9 | 24 | 13,1 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 244 | 24 | 09,1 | 24 | 13,5 | |
| PD | 064 | 24 | 12,00 | MÉDIAS | | |
| PI | 244 | 24 | 11,30 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | 0 | ' | " | 0 | ' | " | h | min. | h | min. |
| 38 | PD | 036 | 17 | 37,0 | 049 | 55 | 02,8 | 08 | 33 | | |
| | PI | 216 | 26 | 59,8 | 311 | 23 | 35,0 | 08 | 37 | 08 | 35,00 |
| 39 | PI | 216 | 01 | 19,6 | 311 | 59 | 05,8 | 08 | 40 | | |
| | PD | 034 | 56 | 46,1 | 048 | 01 | 43,2 | 08 | 43 | 08 | 41,50 |
| 40 | PD | 034 | 22 | 08,9 | 047 | 16 | 58,6 | 08 | 46 | | |
| | PI | 214 | 43 | 46,2 | 313 | 42 | 36,0 | 08 | 49 | 08 | 47,50 |
| 41 | PI | 214 | 04 | 19,0 | 314 | 32 | 35,9 | 08 | 52 | | |
| | PD | 031 | 53 | 34,9 | 044 | 20 | 23,8 | 09 | 00 | 08 | 56,00 |
| 42 | PD | 031 | 17 | 32,8 | 043 | 42 | 59,4 | 09 | 04 | | |
| | PI | 211 | 26 | 27,4 | 317 | 28 | 10,6 | 09 | 07 | 09 | 05,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 03/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00"S.

TEODOLITO: Wild T-2 nº 32984.

PRESSÃO: 759,3/759,5 mm \Rightarrow 759,4 mm.

TEMPERATURA: 26,5 °C.

QUADRANTE: NE \Rightarrow 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,67".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,2".

OBSERV. Projecção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400 352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VICADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 105 | 02 | 36,8 | 02 | 40,2 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 285 | 02 | 38,2 | 02 | 41,2 | |
| PD | 105 | 02 | 38,50 | MÉDIAS | | |
| PI | 285 | 02 | 39,70 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 43 | PD | 084 | 42 | 49,0 | 061 | 46 | 17,4 | 07 | 35 | | |
| | PI | 264 | 54 | 30,0 | 298 | 42 | 30,0 | 07 | 39 | 07 | 37,00 |
| 44 | PI | 264 | 39 | 57,6 | 299 | 18 | 41,8 | 07 | 42 | | |
| | PD | 083 | 47 | 04,3 | 059 | 28 | 21,0 | 07 | 45 | 07 | 43,50 |
| 45 | PD | 083 | 30 | 29,2 | 058 | 49 | 35,5 | 07 | 48 | | |
| | PI | 263 | 52 | 43,4 | 301 | 12 | 00,0 | 07 | 50 | 07 | 49,00 |
| 46 | PI | 263 | 33 | 50,0 | 301 | 54 | 56,4 | 07 | 53 | | |
| | PD | 082 | 38 | 02,6 | 056 | 52 | 46,8 | 07 | 56 | 07 | 54,50 |
| 47 | PD | 082 | 06 | 33,0 | 055 | 47 | 38,7 | 08 | 02 | | |
| | PI | 262 | 19 | 47,0 | 304 | 32 | 39,9 | 08 | 05 | 08 | 03,50 |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 07/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,5/758,9 mm ⇒ 758,7 mm.

TEMPERATURA: 26,0 °C.

QUADRANTE: NE ⇒ 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,68".

SENIÂMETRO: 15' 47,7".

OBSERV. Projeção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400 352; tipo 761.

PD

PI

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR
DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL

| VISADAS SOBRE A MIRA | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-------|--------|------|---|
| POS | LEITURAS DO CÍRC. HORIZ. | | | | | OBSERVAÇÕES |
| PD | 105 | 02 | 49,0 | 02 | 51,0 | MIRA: lâmpada da torre da indústria HUBBELL HAVEY. |
| PI | 285 | 02 | 52,0 | 02 | 51,2 | |
| PD | 105 | 02 | 50,00 | MÉDIAS | | |
| PI | 285 | 02 | 51,60 | | | |

| VISADAS SOBRE O SOL | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------------------|----|------|----------------|----|------|------------|------|-------|-------|
| Nº | POS | LEITURAS | | | | | | HORA LEGAL | | | |
| | | CÍRC. HORIZONTAL | | | CÍRC. VERTICAL | | | INST. OBS. | | MÉDIA | |
| | | ° | ' | " | ° | ' | " | h | min. | h | min. |
| 48 | PD | 073 | 01 | 24,9 | 041 | 31 | 59,3 | 09 | 08 | | |
| | PI | 251 | 19 | 34,1 | 318 | 50 | 39,0 | 09 | 13 | 09 | 10,50 |
| 49 | PI | 249 | 34 | 49,0 | 320 | 25 | 33,9 | 09 | 21 | | |
| | PD | 069 | 09 | 56,0 | 038 | 00 | 44,0 | 09 | 26 | 09 | 23,50 |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |
| | P | | | | | | | | | | |

LOCAL: Granja União - Paratibe - PE.

DATA: 07/08/1975.

LATITUDE: 7° 56' 25,00" S.

TEODOLITO: Wild T-2, nº 32984.

PRESSÃO: 758,7/759,1 mm ⇒ 758,9 mm

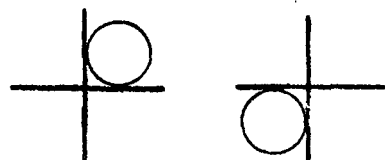
TEMPERATURA: 29,0 °C.

QUADRANTE: NE ⇒ 3.

PARALAXE HORIZONTAL: 8,68".

SEMIDIÂMETRO: 15' 47,7".

OBSERV. Projecção anteparo; dupla tangência.
Barômetros nºs 13029 e 13033 (PAULIN).
Psicrômetro nº 400 352; tipo 761.



PD

PI

6.7.3 - Valores finais calculados

Em função dos valores apresentados nas cadernetas precedentes e empregando o programa do item 6.4, foram calculados os valores do azimute da mira, para cada série de observações consecutivas, sua média aritmética (admitida, para cada conjunto, como o valor compensado da grandeza procurada) e o erro médio da média, calculados, também, para o conjunto dos 49 valores observados, os quais são apresentados de forma idêntica aos anteriores.

DETERMINAÇÃO DO MERIDIANO POR DISTÂNCIAS ZENITAIS ABSOLUTAS DO SOL
PROJEÇÃO DA IMAGEM DO SOL SOBRE UM ANTEPARO

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|--------|
| 1 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 10.74 | -2.03 |
| 2 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 11.12 | -2.41 |
| 3 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 35.55 | -26.84 |
| 4 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 29 | 37.70 | 31.00 |
| 5 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 9.87 | -1.16 |
| 6 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 7.25 | 1.45 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 8.70

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 7.51

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|-------|
| 7 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 26.68 | -4.42 |
| 8 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 17.46 | 4.79 |
| 9 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 24.91 | -2.65 |
| 10 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 26.56 | -4.30 |
| 11 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 16.92 | 5.33 |
| 12 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 16.90 | 5.35 |
| 13 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 25.94 | -3.68 |
| 14 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 25.31 | -3.05 |
| 15 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 16.85 | 5.39 |
| 16 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 25.66 | -3.40 |
| 17 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 26.37 | -4.11 |
| 18 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 17.51 | 4.74 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 22.25

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.31

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE DA MIRA | | | RESID |
|-----|-----|-----|------|-----------------|----|-------|-------|
| 19 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 21.36 | 3.72 |
| 20 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 23.61 | 1.47 |
| 21 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 21.39 | 3.73 |
| 22 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 19.81 | 5.28 |
| 23 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 28.75 | -3.66 |
| 24 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 15.74 | 9.35 |
| 25 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 30.22 | -5.12 |

| | | | | | | | |
|----|----|---|------|-----|----|-------|-------|
| 26 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 30.18 | -5.08 |
| 27 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 34.89 | -9.71 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 25.09

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 2.05

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 28 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.02 | 5.61 |
| 29 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 17.64 | 8.19 |
| 30 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 33.87 | -8.03 |
| 31 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 31.85 | -6.01 |
| 32 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 10.91 | 14.92 |
| 33 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 27.47 | -1.63 |
| 34 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 31.79 | -5.95 |
| 35 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 35.45 | -9.62 |
| 36 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 12.39 | 13.48 |
| 37 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 37.01 | -11.17 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 25.83

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 3.09

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|-------|
| 38 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.15 | 2.70 |
| 39 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.52 | 1.33 |
| 40 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.47 | 2.38 |
| 41 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 24.82 | -2.95 |
| 42 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.34 | -3.47 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.86

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.33'

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|-----|---------|----|------|-------|
|-----|-----|-----|-----|---------|----|------|-------|

| | | | | | | | |
|----|---|---|------|-----|----|-------|-------|
| 43 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.11 | 1.79 |
| 44 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.48 | -3.57 |
| 45 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.46 | 2.43 |
| 46 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.85 | 2.05 |
| 47 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.39 | -3.48 |
| 48 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.59 | -3.68 |
| 49 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 17.43 | 4.47 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.90

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.30

| NUM | DIA | MÊS | ANO | AZIMUTE | DA | MIRA | RESID |
|-----|-----|-----|------|---------|----|-------|--------|
| 1 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 10.74 | 11.00 |
| 2 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 11.12 | 10.63 |
| 3 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 35.55 | -13.80 |
| 4 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 29 | 37.70 | 44.04 |
| 5 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 9.87 | 11.88 |
| 6 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 7.25 | 14.49 |
| 7 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 26.68 | -4.93 |
| 8 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 17.46 | 4.29 |
| 9 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 24.91 | -3.16 |
| 10 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 26.56 | -4.80 |
| 11 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 16.92 | 4.82 |
| 12 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 16.90 | 4.85 |
| 13 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 25.94 | -4.19 |
| 14 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 25.31 | -3.55 |
| 15 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 16.85 | 4.89 |
| 16 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 25.66 | -3.90 |
| 17 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 26.37 | -4.61 |
| 18 | 24 | 2 | 1975 | 266 | 30 | 17.51 | 4.23 |
| 19 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 21.36 | 0.38 |
| 20 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 23.61 | -1.86 |
| 21 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 21.35 | 0.39 |
| 22 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 19.81 | 1.94 |
| 23 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 28.75 | -7.00 |
| 24 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 15.74 | 6.01 |
| 25 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 30.22 | -8.46 |
| 26 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 30.18 | -8.42 |
| 27 | 28 | 7 | 1975 | 266 | 30 | 34.80 | -13.05 |
| 28 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.02 | 1.72 |
| 29 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 17.64 | 4.10 |
| 30 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 33.87 | -12.11 |
| 31 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 31.85 | -10.09 |
| 32 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 10.91 | 10.84 |
| 33 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 27.47 | -5.72 |
| 34 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 31.79 | -10.03 |
| 35 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 35.45 | -13.70 |
| 36 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 12.35 | 9.40 |
| 37 | 2 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 37.01 | -15.25 |
| 38 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.15 | 2.59 |

| | | | | | | | |
|----|---|---|------|-----|----|-------|-------|
| 39 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.52 | 1.22 |
| 40 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.47 | 2.27 |
| 41 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 24.82 | -3.06 |
| 42 | 3 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.34 | -3.58 |
| 43 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 20.11 | 1.63 |
| 44 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.48 | -3.72 |
| 45 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.46 | 2.28 |
| 46 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 19.85 | 1.89 |
| 47 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.39 | -3.63 |
| 48 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 25.59 | -3.84 |
| 49 | 7 | 8 | 1975 | 266 | 30 | 17.43 | 4.32 |

AZIMUTE MÉDIO DA MIRA = 266 30 21.75

ERRO MÉDIO DA MÉDIA = 1.38

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na obtenção do azimute a medição dos ângulos horizontais e verticais é um dos principais fatores para que se tenha o valor final com um maior ou menor grau de precisão. Portanto, o cuidado ao se efetuar a visada para o Sol tem importância fundamental.

Os dados de campo e os correspondentes valores calculados, que foram mostrados nas páginas precedentes, indicam que a precisão dos resultados irá aumentando à medida que as condições mais favoráveis, quanto à posição do astro, se verificam. Tanto é, que as visadas para o Sol, quando foram obtidas distâncias zenitais maiores que 30° permitiram a obtenção de valores finais do azimute da mira com um menor afastamento em torno da média, considerando os valores obtidos por qualquer das três técnicas de observação solar. Porém, deve-se observar que estes valores de distância zenital não deverão ultrapassar os 70° , em virtude das incertezas na determinação da refração astronômica [5].

Entre as três maneiras consideradas verifica-se que o emprego do prisma solar de Roelofs pode fornecer resultados finais satisfatórios, inclusive tornando desnecessária qualquer consideração quanto às reduções das medidas ao centro do Sol, simplificando a obtenção dos dados e os cálculos; além disso, a utilização do dispositivo deve acarretar a obtenção de medidas horizontais e verticais mais rigorosas, desde que o pequeno quadrado que se forma no centro das quatro imagens do Sol é muito mais fácil de ajustar que os seus bordos. Portanto, pelos resultados obtidos, verifica-se que, dispondo-se do prisma solar, deve-se, sempre, utilizá-lo, mesmo sendo um processo de observação em que o Sol incide diretamente sobre o operador.

Considerando os resultados finais obtidos pelas duas outras maneiras de observação solar verificaram-se valores muito aproximados, levando-se em conta que as condições de observação foram bem semelhantes. Então, desde que não se disponha do prisma solar de Roelofs, realizando um número grande de observações, pode-se empregar um filtro adaptado à ocular da luneta ou um anteparo colocado próximo (15 cm a 20 cm) à ocular da luneta e observar a dupla tangência dos bordos do Sol com o máximo de rigor possível, conseguindo valores com precisão semelhante àquela obtida com o prisma solar.

Logo, a escolha entre essas duas maneiras, uma direta e outra indireta, dependerá mais do operador que dos valores finais a serem obtidos. Particularmente considero, quanto ao manejo do instrumento, a técnica de observação direta mais cômoda, pois a outra mantém, sempre, o operador ocupado com o anteparo. Entretanto, escolhendo-se qualquer uma das duas, deve-se verificar a necessidade da dupla tangência dos bordos do Sol, conforme observação I) do item 6.6.1, a fim de eliminar ou atenuar a correção do semidiâmetro sobre as medidas verticais e horizontais. Ao procurar-se a tangência dos bordos, com a luneta em posição normal, deve-se fazê-la no bordo inferior quando o Sol estiver a leste e no superior quando a oeste, ou seja, no momento em que cessa a tangência; a experiência mostra que isto permite uma observação mais correta e, conseqüentemente, obtendo-se leituras horizontais e verticais mais rigorosas.

Finalizando pode-se afirmar que a observação do Sol nas proximidades do 1º vertical, porém, não muito próximo do horizonte, a utilização de teodolitos bem retificados e aneróides e termômetros perfeitamente aferidos, a efetivação de pontarias para o astro com o máximo de rigor, além do emprego de um valor da latitude do ponto-estação-instrumento bem aproximado, aumenta, consideravelmente, a precisão dos valores de azimuth determinados pelo método das distâncias zenitais (ou alturas) absolutas do Sol.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANUÁRIO DO OBSERVATÓRIO NACIONAL. Rio de Janeiro, 1974/1975.
- [2] BOLLINA, J. A. T. Astronomia de campo. Curitiba, Divisão de Geografia, Terras e Colonização, 1964.
- [3] CHAUVENET, W. A manual of spherical and practical astronomy. 1891. 2v (19 v).
- [4] GEMAEL, C. Aplicações do cálculo matricial em geodésia. 1ª parte: transformação de coordenadas. Curitiba, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1973.
- [5] _____ Astronomia de campo. Curitiba, Faculdade de Engenharia, 1971, 2v.
- [6] _____ Elementos de trigonometria esférica. Curitiba, Diretório Acadêmico de Engenharia, 1960.
- [7] _____ Tabelas e formulários. Curitiba, Diretório Acadêmico de Engenharia, 1959.
- [8] MATTOS, A. H. Astronomia de campo. 4 ed. Rio de Janeiro, F. Briguiet, 1952.
- [9] _____ Determinação do meridiano por observações do Sol. Rio de Janeiro, Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S. A., 1969.
- [10] MUELLER, I. I. Spherical and practical astronomy as applied to geodesy. New York, F. Ungar, 1969.
- [11] ROELOFS, R. Astronomy applied to land surveying. Amsterdam, N. W. Wed. J. Ahend, 1950.
- [12] TOURINHO, P. A. M. Tratado de astronomia. Curitiba, Mundial, 1960, 2v.